

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS LINGÜÍSTICOS

Confusão de Consoantes e Geometria de Traços

LÍLIAN MARINHO DOS SANTOS

BELO HORIZONTE

2012

LÍLIAN MARINHO DOS SANTOS

Confusão de Consoantes e Geometria de Traços

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Linguísticos da Faculdade de Letras da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Linguística Teórica e Descritiva.
Área de Concentração: Linguística Teórica e Descritiva
Linha de Pesquisa: Organização Sonora da Comunicação Humana
Orientador: Prof. Dr. Rui Rothe-Neves
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Stela Maris Aguiar Lemos

Belo Horizonte
Faculdade de Letras da UFMG

2012

DEDICATÓRIA

*Aos **meus pais**, pelo amor,
carinho e apoio em todos os momentos da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Rui Rothe-Neves pelas orientações precisas, apoio e disponibilidade frente a tanta ansiedade.

À Prof^{ta}. Stela pelo empenho, paciência e prontidão em colaborar na realização deste trabalho

Aos meus pais por serem meus maiores exemplos de vida, pela confiança e por me incentivarem e me apoiarem durante toda esta caminhada

À minha irmã Lorena pelo apoio, carinho e incentivo

Ao Claudinho, companhia imprescindível neste trajeto, pela paciência, força, conselhos e imensa torcida

À toda minha família e amigos que contribuíram com energias positivas, incentivo e torcida

Aos participantes desta pesquisa meu muito obrigada!

À CAPES, pela bolsa de estudos que permitiu iniciar a jornada acadêmica.

RESUMO

A percepção da fala interfere diretamente na comunicação eficiente do dia a dia e é dependente da adequada integração das habilidades auditivas para o reconhecimento eficaz das consoantes no silêncio e no ruído. Uma representação dos sons fala, por meio dos traços distintivos, é a teoria da geometria de traços, que propõe uma organização hierárquica dos sons. Constituem objetivos desta dissertação: a) Caracterizar o desempenho de sujeitos adultos nas tarefas de percepção de consoantes em diferentes tipos de ruído em um mesmo contexto; b) Explicitar a associação entre a teoria da geometria de traços e a percepção de consoantes; e c) Testar se quanto mais traços distintivos as consoantes compartilham menor a distância entre os sons; ou seja, são mais confusos. Material e Métodos: Trata-se de um estudo experimental com medidas repetidas. A coleta de dados da pesquisa foi dividida em duas etapas: 1) Avaliação preliminar, cujo propósito foi selecionar para a amostra sujeitos com audição periférica e processamento auditivo dentro do padrão de normalidade; e 2) Avaliação da percepção de consoantes, cujo objetivo foi verificar a confusão das consoantes [p], [t], [d], [k], [f], [v], [ʃ] e [ʒ] seguidas da vogal [a], em meio ao ruído branco e ao ruído de festa nas relações sinal ruído igual a 0 e +5dB (NS). Resultados: No ruído branco, nas relações sinal ruído igual a 0 e +5dB (NS), foram encontradas em maior número as confusões: [f] – [p], [ʃ] – [k] e [ʃ] – [ʒ]. No ruído festa, nas relações sinal ruído igual a 0 e + 5dB (NS), foram mais encontradas as confusões: [f] – [p], [v] – [p] e [v] – [f] e [t] – [d]. Tanto para ruído branco quanto para ruído festa, a confusão encontrada mais frequentemente foi entre [f] e [p]. Observou-se um padrão diferente de confusão em relação aos ruídos branco e festa, em que o percentual de erros na maioria dos casos foi maior no ruído festa. Quanto aos traços distintivos, observou-se que quanto mais traços distintivos as consoantes compartilham mais confusos eles são. Um maior número de confusões ocorre na parte inferior da árvore da hierarquia de traços, no nó de ponto de consoante; A diferença observada no desempenho dos sujeitos em relação aos tipos de ruído é difícil de se explicar somente a partir da geometria de traços. Conclusão: Os ruídos branco e festa afetam diretamente a percepção das consoantes de forma diferente. A geometria de traços não explica totalmente as confusões das consoantes encontradas nos ruídos, mas foi verificada sua previsão de que quanto mais traços distintivos os pares de consoantes compartilham mais confusos eles são.

Palavras chave: percepção da fala, audição

ABSTRACT

The speech perception directly interferes with effective communication of day to day and is dependent on the proper integration of auditory skills for the effective recognition of consonants in quiet and in noise. A representation of speech sounds by means of distinctive features is the geometry of feature theory, which proposes a hierarchical organization of sounds. The objectives of this thesis were a) characterize the performance of adult subjects in the tasks of perception of consonants in different types of noise in the same context, b) assess the association between the theory of feature geometry and the perception of consonants, c) and the distinctive features, test whether the more distinctive features consonants share, the shorter the distance between the sounds, that is, the more confused they are. Material and Methods: This is an experimental study with repeated measures. The collection of survey data was divided into two steps: 1) Preliminary, whose purpose was to select the sample to subjects with peripheral hearing and auditory processing within the normal range, 2) Assessment of the perception of consonants, whose goal was check the confusion of consonants [p], [t], [d], [k], [f], [v], [ʃ] e [ʒ] followed by the vowel [a], amid the white noise and party noise at signal-noise ratio of 0 and +5dB (NS). Results: In white noise, at signal noise ratio of 0 and +5dB (NS), were found in more confusion: [f] – [p], [ʃ] – [k] e [ʃ] – [ʒ]. In the noise party, at signal noise ratio of 0 and + 5dB (NS) were found more confusion: [f] – [p], [v] – [p] e [v] – [f] e [t] – [d]. For both white noise and for noise festival, the confusion was more frequently found between [f] and [p]. We observed a different pattern of confusion regarding the noise white and party, where the percentage of errors in most cases was higher in the noise party. As for distinctive features, it was observed that the more distinctive features of consonants share, the more confused they are. A more confusion occurs at the bottom of the hierarchy tree of features, in node depending point; The difference among the groups regarding the types of noise are difficult to explain only from the geometry of features. Conclusion: We conclude that the noise white and noise party are directly affect the perception of consonants differently. Geometry of features does not fully explain the confusion of consonants found in the noise, but his prediction was verified that the more distinctive features pairs of consonants share, the more confused they are.

Key word: Speech Perception, Hearing

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Geometria de traços	14
2.2. Percepção da fala	19
2.3. Confusão de consoantes	24
2.3.1. Acústica na confusão de consoantes	24
2.3.2. Traços distintivos na confusão de consoantes	28
3. MATERIAL E MÉTODO	34
3.1. Amostra	34
3.2. Material e procedimento	35
3.3. Plano de análise	42
4. RESULTADOS	45
4.1. Descrição da amostra	45
4.2. Resultados do estudo	45
5. DISCUSSÃO	62
6. CONCLUSÃO	66
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	67
GLOSSÁRIO	73
ANEXO 1	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Tradução da representação das consoantes com base na geometria de traços	16
Figura 2- Representação das consoantes pela adaptação da geometria de traços	18
Figura 3- Matriz Fonológica dos segmentos consonantais do português	18
Figura 4- Sistema auditivo periférico	20
Figura 5- Sistema auditivo central	22
Figura 6- Mapa multidimensional da Europa	43
Figura 7- Mapa perceptivo das consoantes no ruído	56
Figura 8- Mapa perceptivo das consoantes no ruído festa	57
Figura 9- Mapa perceptivo comparativo das consoantes no ruído branco e no ruído festa	58
Figura 10- Relação entre quantidade de traços, distância média, ruído e relação sinal ruído	59

TABELAS

Tabela 1- Número de traços distintivos compartilhados entre as consoantes do estudo	39
Tabela 2- Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a 0dB (NS)	46
Tabela 3- Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a +5dB (NS)	47
Tabela 4- Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a 0dB (NS)	48
Tabela 5- Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a +5dB (NS)	49
Tabela 6- Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a 0dB(NS)	51
Tabela 7- Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a +5dB(NS)	52
Tabela 8- Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a 0dB(NS)	53
Tabela 9- Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a +5dB(NS)	54
Tabela 10- Medida de estresse nos respectivos ruídos nas variadas dimensões	55
Tabela 11- Correlação entre traços distintivos, ruído e relação sinal ruído	60
Tabela 12- Correlação ruído e traços distintivos	60
Tabela 13 – Correlação entre número de traços distintivos e distância perceptiva	61

QUADROS

Quadro 1- Procedimentos de avaliação auditiva periférica e central	38
Quadro 2- Intensidade e Duração dos sons da amostra	40
Quadro 3- Pares de consoantes e seus traços distintivos compartilhados	41
Quadro 4- Representação das confusões encontradas no estudo e suas diferenças por Nó	50

1. INTRODUÇÃO

A percepção da fala interfere diretamente na comunicação eficiente do dia a dia e é dependente da adequada integração das habilidades auditivas para o reconhecimento eficaz das consoantes. A habilidade para compreender a fala é fundamental para a maioria das atividades de vida e um pré-requisito para a participação completa e ativa do indivíduo no complexo mundo sonoro.

Nesse complexo mundo da audição, principalmente nos grandes centros, a poluição sonora é um forte agravante para a qualidade de comunicação entre as pessoas, de forma que a comunicação se dá em grande parte em um ambiente ruidoso (MARKHAM E HAZAN, 2004; DAVIES, YELLON E PURDY, 2001).

Os ruídos são quaisquer sinais que têm a capacidade de reduzir a inteligibilidade de uma informação de som, imagem ou dados. Dentre os ruídos, têm-se o ruído branco, que é aquele que contém energia na faixa de frequência de 100 a 10.000Hz sendo a área mais efetiva de 6.000hz, constituindo-se em uma forma de onda aperiódica, com igual energia dentro de qualquer banda de frequência e com todas as fases presentes em uma distribuição ao acaso (MENEZES E TEIXEIRA, 2005); e o ruído festa, que consiste na fala de várias pessoas ao mesmo tempo, associadas a uma situação de festa.

A discriminação auditiva no silêncio não reflete a percepção auditiva em um ambiente ruidoso (FALLON, TREHUB E SCHNEIDER, 2000; PAULA, OLIVEIRA, GODOY E CANOVAS, 2000). Assim, optou-se por estudar a percepção das consoantes em situações de ruídos diferentes. Consoantes são segmentos caracterizados por alguma obstrução ou constrição em um ou mais pontos do trato vocal. Podem ser distinguidas por: modo de articulação, que corresponde aos diferentes graus de fechamento da cavidade orofaríngea, e modo de saída do ar pela boca (oclusivas, fricativas, africadas, laterais, vibrantes e nasal); ponto de articulação, que é o lugar do trato vocal onde a consoante é articulada (bilabiais, labiodentais, linguodentais, alveolares, alveolo-palatais, palatais e velares); e vozeamento, se as pregas vocais vibram ou não durante a articulação da consoante (vozeado e não vozeado) (ABERCROMBIE, 1967).

Tendo em vista o comportamento do indivíduo diante da diversidade de ruídos a que está exposto, há intenção de verificar se o comportamento na percepção de consoantes em meio ao ruído está ligado diretamente ao modo como os sons são organizados pela teoria da geometria de

traços, que é a teoria fonológica de traços distintivos mais utilizada. Nesta geometria, os traços que caracterizam os sons da fala são agrupados em classes e dispostos em diversas camadas, as quais apresentam uma organização hierárquica. A hierarquia destes traços é universal, ou seja, idêntica para todas as línguas (CLEMENTS E HUME, 1995).

Com base na revisão de literatura a seguir, será possível examinar a carência de estudos que abordam traços distintivos, a percepção de consoantes e suas correlações com a habilidade auditiva de figura-fundo (de identificação de sons na presença de outros sons da natureza) e o fechamento auditivo (identificação de sons verbais acusticamente degradados). Este fato mais o desejo de entender se há relação entre a organização da percepção das consoantes e a organização dos sons por meio dos traços distintivos motivaram a realização deste estudo.

O problema formulado para esta pesquisa possui caráter experimental: Consoantes do português que compartilham menos traços distintivos são mais facilmente distinguidas no ruído?

A partir da teoria da geometria de traços distintivos, a hipótese aqui defendida é que quanto menos traços as consoantes compartilham mais facilmente elas são distinguidas no ruído. Ou seja, se a organização na geometria de traços é válida, os resultados devem se refletir na matriz de confusão das consoantes.

A melhor compreensão de como os indivíduos se comportam diante de situações cotidianas de comunicação, que envolvem as habilidades relacionadas tanto à percepção da fala, quanto ao processamento auditivo associado à compreensão da relação entre os sistemas de traços distintivos e a percepção de fala, poderá trazer contribuições teóricas e práticas para as áreas da Linguística e da Fonoaudiologia. Informações desse tipo são de extrema importância para promover maior conhecimento dos aspectos relacionados a uma comunicação eficiente.

1.1. Objetivos

Geral:

- Discutir e formular pressupostos que contribuam para a construção de um arcabouço teórico-prático relativo à relação entre a teoria da geometria de traços e a percepção de fala.

Específico:

- Caracterizar o desempenho de sujeitos adultos nas tarefas de percepção de consoantes em diferentes tipos de ruído em um mesmo contexto.
- Explicitar a associação entre a teoria da geometria de traços e a percepção de consoantes;
- Testar se quanto mais traços distintivos as consoantes compartilham menor a distância entre os sons; ou seja, mais confusos eles são.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão da literatura encontra-se organizada de modo que, em primeiro lugar, apresentam-se estudos sobre a geometria de traços e, em seguida, estudos sobre a audição e a confusão de consoantes.

2.1. Geometria de traços

As teorias fonológicas tentam explicar como as unidades elementares (segmentos ou traços) da fala são organizadas. Os traços distintivos podem ser definidos como um conjunto específico de propriedades que constituem os fonemas (JAKOBSON, FANT E HALLE, 1952). Para Ladefoged (2005), os traços distintivos podem ser estudados a partir de suas propriedades articulatórias e acústicas, mas devem ser analisados no âmbito da grande instituição social que é a linguagem.

As teorias fonológicas de tipo gerativo compreendem dois modelos: o linear e o não linear.

Na fonologia linear, os fonemas deixam de ser unidades fonológicas, vistas como um conjunto de traços não estruturados, em que os feixes de traços não têm estrutura interna. Os modelos lineares analisam a fala como uma combinação linear de segmentos de traços distintivos com uma relação de um para um entre segmentos, em que cada valor de traço caracteriza somente um segmento e cada segmento é caracterizado por apenas um valor de cada categoria. Não há agrupamento de traços em conjuntos maiores correspondentes a classes fonéticas tradicionais, como “ponto” e “modo” de articulação. Evidências de várias línguas do mundo têm mostrado, no entanto, que nem sempre esta é a única relação possível entre os segmentos (CHOMSKY E HALLE, 1968).

O termo *organização não-linear* aplicado a sons da fala refere-se ao fato de que os traços em diferentes camadas não se mantêm exclusivamente um para um; ou seja, ligam-se um com outro, mas podem exibir padrões complexos de sobreposição, em que uma unidade em uma camada é alinhada com várias unidades em outras camadas (CLEMENTS, 1985).

Hernandorena (1999) divide a fonologia não linear em: fonologia métrica (modelo teórico que permitiu uma nova representação da sílaba e uma análise do acento); fonologia lexical

(estuda a interação entre morfologia e fonologia); fonologia da sílaba (na qual a sílaba passou a ser aceita como unidade fonológica); fonologia prosódica; e fonologia autosegmental.

Pode-se dizer que a partir da fonologia autosegmental foi desenvolvida a geometria de traços, que se baseia na organização interna dos sons da fala. Esta teoria é a mais utilizada com relação aos traços distintivos. Nesta geometria, os traços que caracterizam os sons da fala são agrupados em classes e dispostos em diversas camadas, as quais apresentam uma organização hierárquica. A hierarquia destes traços é universal, ou seja, idêntica para todas as línguas. Os segmentos são representados como configurações de nós hierarquicamente organizados, cujos nós terminais são valores de traços e cujos nós intermediários representam constituintes. Segundo este modelo de traços, são considerados traços de classes principais [soante], [aproximante] e [vocoide], que compõem o nó da raiz dos segmentos. Os traços de classes não principais são os de ponto, modo e sonoridade, ou seja, aqueles ligados ao nó laríngeo, ao nó de cavidade oral e ao nó de ponto, que são [voz], [contínuo], [labial], [coronal], [dorsal], [anterior], [distribuído], [aspirado], [constricção] e [nasal] (Figura 1) (CLEMENTS E HUME, 1995).

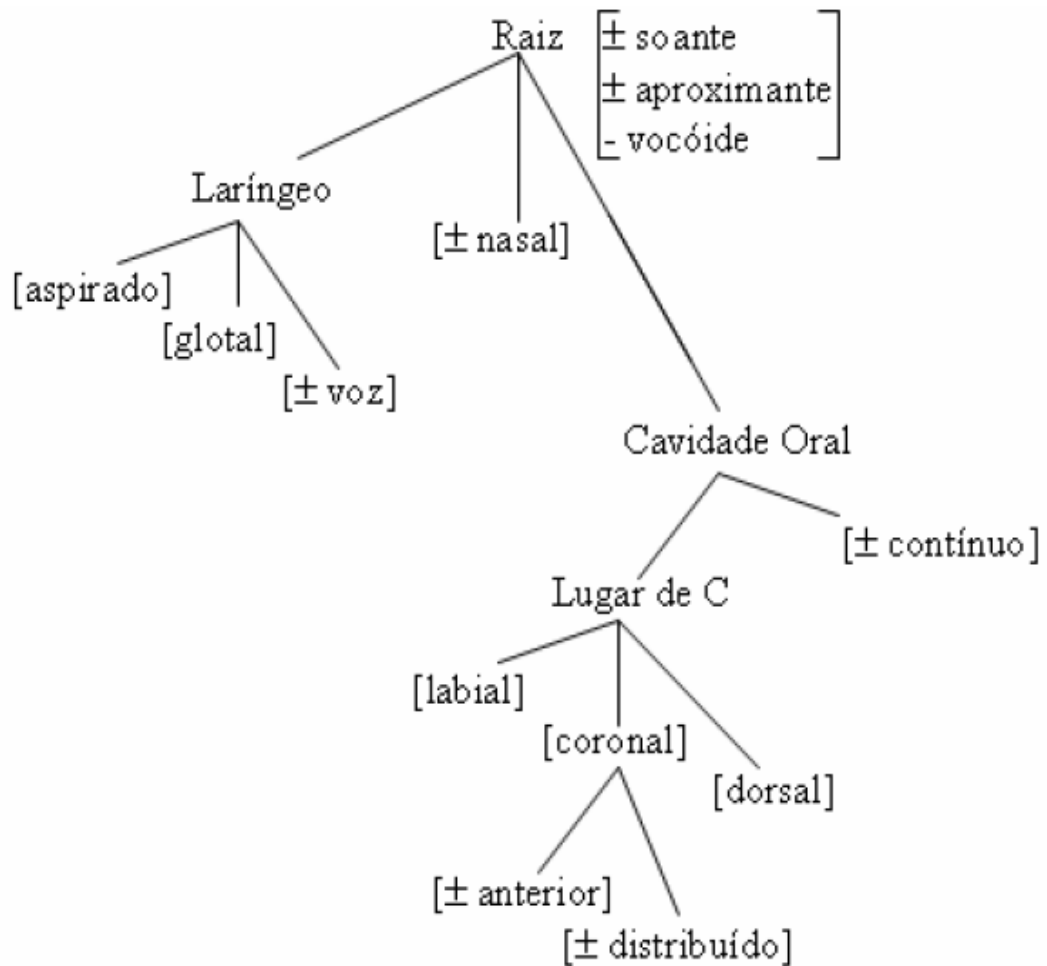


Figura 1- Representação das consoantes com base na geometria de traços

Fonte: Tradução de Clements e Hume, 1995, p. 292.

As premissas básicas da geometria de traços podem ser descritas da seguinte maneira, conforme Clements, 2004 (p. 3):

- a) Os traços podem ser agrupados em classes de traços.
- b) As classes formam uma hierarquia estrita, que pode ser representada por uma árvore com raiz.
- c) Essa hierarquia é universal.
- d) Cada traço e cada classe de traço são representados por nós em camadas segmentais separadas.
- e) Cada nó se liga aos elementos de somente uma camada de nível mais alto.

Assim, o segmento passa a ser definido por sua geometria, formado por nós e traços terminais que o caracterizam.

Mota (1996) adaptou a geometria de traços (CLEMENTS E HUME, 1995) para as consoantes do português. Segundo sua proposta, a estrutura organizada hierarquicamente é representada por nós de raiz, laríngeo, de cavidade oral (CO) e de ponto de consoante (PC). O nó de raiz representa o segmento como unidade fonológica e domina os outros traços. É representado pelos traços de classe principal [\pm soante], [\pm aproximante] e [-vocoide]. O nó laríngeo refere-se à participação da laringe na produção dos sons e é representado pelo traço de sonoridade [\pm vozeado]. O nó de CO representa a função da cavidade oral na produção articulatória dos sons. Nele estão ligados os traços de ponto de articulação (nó de ponto de consoante) e de modo de articulação [\pm contínuo]. O nó de ponto de consoante se refere ao ponto de articulação na produção do segmento e é representado pelos traços [labial], [coronal] e [dorsal] e pelo traço [\pm anterior], dependente do [coronal] (Figura 2).

As representações geométricas dos segmentos consonantais do português adotadas por Mota (1996) estão no Anexo 1.

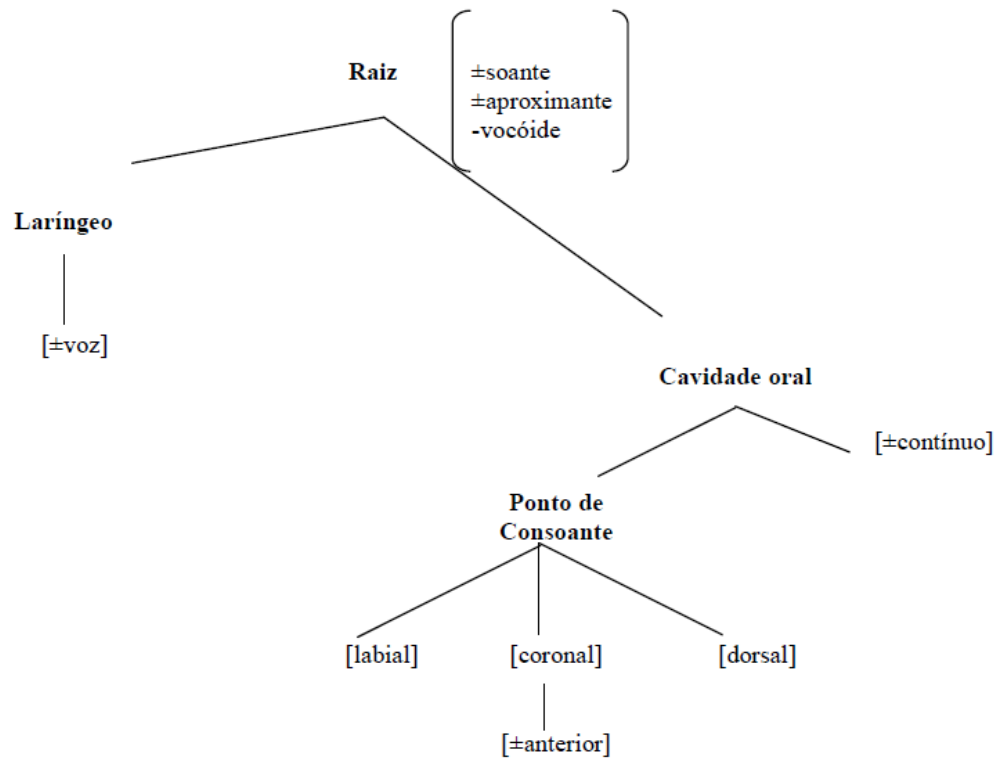


Figura 2- Representação das consoantes pela adaptação da geometria de traços

Fonte: Mota, 1996, p. 44-47.

Mota (1996) elaborou uma matriz fonológica dos segmentos consonantais do português a partir das representações geométricas expostas na figura 2.

TRAÇOS	p	b	t	d	k	g	f	v	s	z	S	Z	m	n	ñ	l	λ	r	R
soante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
vocóide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
aprox	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
contínuo	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+
voz	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
coronal			X	X					X	X	X	X		X	X	X	X	X	
anterior									+	+	-	-		+	-	+	-		
labial	X	X					X	X					X						
dorsal					X	X													X

Legenda: x: presente - : menos + : mais S: ʃ Z: ʒ

Figura 3- Matriz fonológica dos segmentos consonantais do português

Fonte: Mota, 1996, p. 49.

Tendo a teoria da geometria de traços como uma teoria universal dos sons da língua, propõe-se estudar aqui a percepção de fala - mais especificamente a confusão na percepção de consoantes -, a fim de verificar se a percepção dos sons se relaciona com a hierarquia proposta pela geometria de traços.

2.2. Percepção de fala

A habilidade para compreender a fala deve ser considerada como o mais importante dos aspectos mensuráveis da função auditiva humana. Ela é fundamental para a maioria das atividades de vida e um pré-requisito para a participação completa e ativa do indivíduo no nosso complexo mundo sonoro. A percepção da fala é essencial para uma comunicação eficiente e é dependente das habilidades auditivas.

De acordo com Boatman (2004) percepção da fala é:

Speech perception here in the traditional sense as a multicomponent processing system that interfaces with early acoustic analyses performed in the auditory periphery and includes the decoding and potential re-coding of auditory information into a form that is used, ultimately, to access higher-level language systems, including lexical-semantic information. (BOATMAN, 2004, p. 48).

Os processos envolvidos na percepção de fala são: análise acústico-fonética, que é o primeiro estágio desta percepção e se refere à habilidade de discriminar os sons baseados em suas características fonéticas; processamento fonológico, que se refere à decodificação e ao mapeamento das informações acústicos-fonéticas em representações internas usadas para acessar outros sistemas de linguagem; e sistema léxico-semântico, em que a informação é reconhecida e compreendida (PISONI E LUCE, 1987). Esta abordagem acerca das teorias da percepção de fala utilizada neste estudo é apenas uma dentre várias abordagens discutidas na literatura.

Para uma boa percepção da fala faz-se necessário um sistema auditivo integrado e funcionante, que será caracterizado a seguir, com base em Guyton e Hall (2006).

O sistema auditivo se divide em sistema auditivo periférico e sistema auditivo central. O sistema auditivo periférico é constituído por ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.

O ouvido externo tem as seguintes funções: coletar e encaminhar as ondas sonoras até a orelha média; amplificar o som; auxiliar na localização; e proteger a orelha média e interna. O meato acústico externo transfere e amplifica o som para a orelha média, principalmente,

em frequências de 2.000 a 5.000 Hz, sendo máxima entre 2.000 e 3.000 Hz (aproximadamente, 20dB). Também serve para auxiliar na localização da fonte sonora. Entretanto, a principal função da orelha externa é proteger a membrana timpânica e além de manter certo equilíbrio de temperatura e umidade, necessário à preservação da elasticidade da membrana.

O ouvido médio possui em seu interior a cadeia ossicular, composta por: martelo, bigorna e estribo. As ondas sonoras atingem a membrana do tímpano e fazem-na vibrar. Essa vibração transmite-se aos três ossículos do ouvido médio, e por este encadeamento a vibração mecânica é transferida para a janela oval. É necessária uma força maior para produzir vibração num líquido, como a perilinfa no ouvido interno, do que no ar. Por isso as vibrações que atingem a perilinfa têm que ser amplificadas ao cruzarem o ouvido médio.

O ouvido interno, parte importante do sentido da audição, consiste numa série de cavidades que, pelo seu emaranhado aspecto, recebeu o nome de “labirinto”. É formado pelos canais semilunares, o vestíbulo e a cóclea. Compreende o labirinto ósseo e, encaixado dentro deste, o labirinto membranoso, contendo endolinfa. Está rodeado por perilinfa, que serve de veículo aos sons. Quando uma onda atinge a membrana basilar, é estimulada uma subpopulação de células ciliares (células receptoras), que envia impulsos ao cérebro pelo ramo coclear do nervo vestibulo-coclear (VIII par craniano).

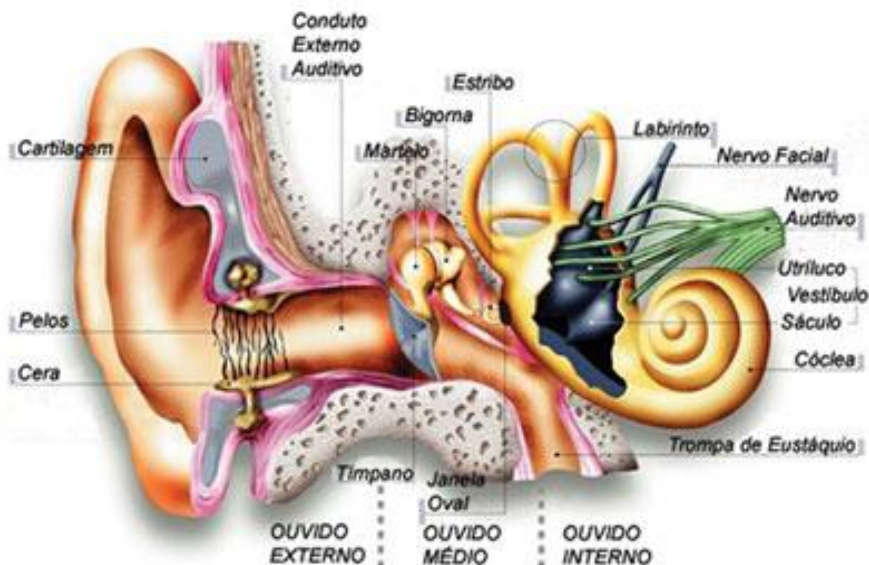


Figura 4- Sistema auditivo periférico.

Fonte:

<http://fisiogerontologia.blogspot.com/2010/06/reabilitacao-vestibular-uma-revisao.html>

O sistema auditivo periférico é composto por estruturas responsáveis pela transmissão da onda sonora até o nervo vestibulo-coclear, que traduz o impulso elétrico para o córtex cerebral.

As estruturas do sistema nervoso envolvidas na condução elétrica da mensagem sonora para o córtex auditivo constituem o sistema auditivo central. São elas: núcleos cocleares, complexo olivar superior, colículo inferior e corpo geniculado medial.

Os núcleos cocleares constituem as primeiras estruturas auditivas centrais da via ascendente. Localizam-se na face dorsolateral do tronco cerebral, próximo ao ângulo ponto-cerebelar. Recebem aferências, isto é, informações provenientes do nervo auditivo, podendo ser: aferências centrais auditivas e aferências não auditivas.

O complexo olivar superior é o primeiro centro do sistema nervoso auditivo ascendente. É onde ocorre convergência de aferência de ambas as orelhas. É responsável pela localização espacial do som, pelo reflexo acústico (contração do músculo estapédio, na orelha média, como mecanismo de proteção à orelha interna quando o sujeito é exposto a estímulos acústicos de intensidade em torno de 70 a 90dB acima de seu limiar de audibilidade) e pela eferência do sistema olivo-coclear.

O colículo inferior localiza-se na porção dorsal do mesencéfalo. Funciona como centro de integração da mensagem auditiva, promovendo a percepção do som. Tem aferências auditivas e extraauditivas (por exemplo: táteis).

O corpo geniculado medial localiza-se no tálamo. Tem rica inervação descendente. Esta mais a inervação ascendente formam os tratos auditivos tálamo-corticais. Está relacionado com a vigília do córtex auditivo e com a codificação da intensidade e da frequência do som.

O córtex auditivo tem a função de realizar a análise auditiva da mensagem sonora (discriminação de intensidade, timbre e som), o tratamento fonético da mensagem sonora e a compreensão verbal ou semântica da entonação emocional da mensagem sonora.

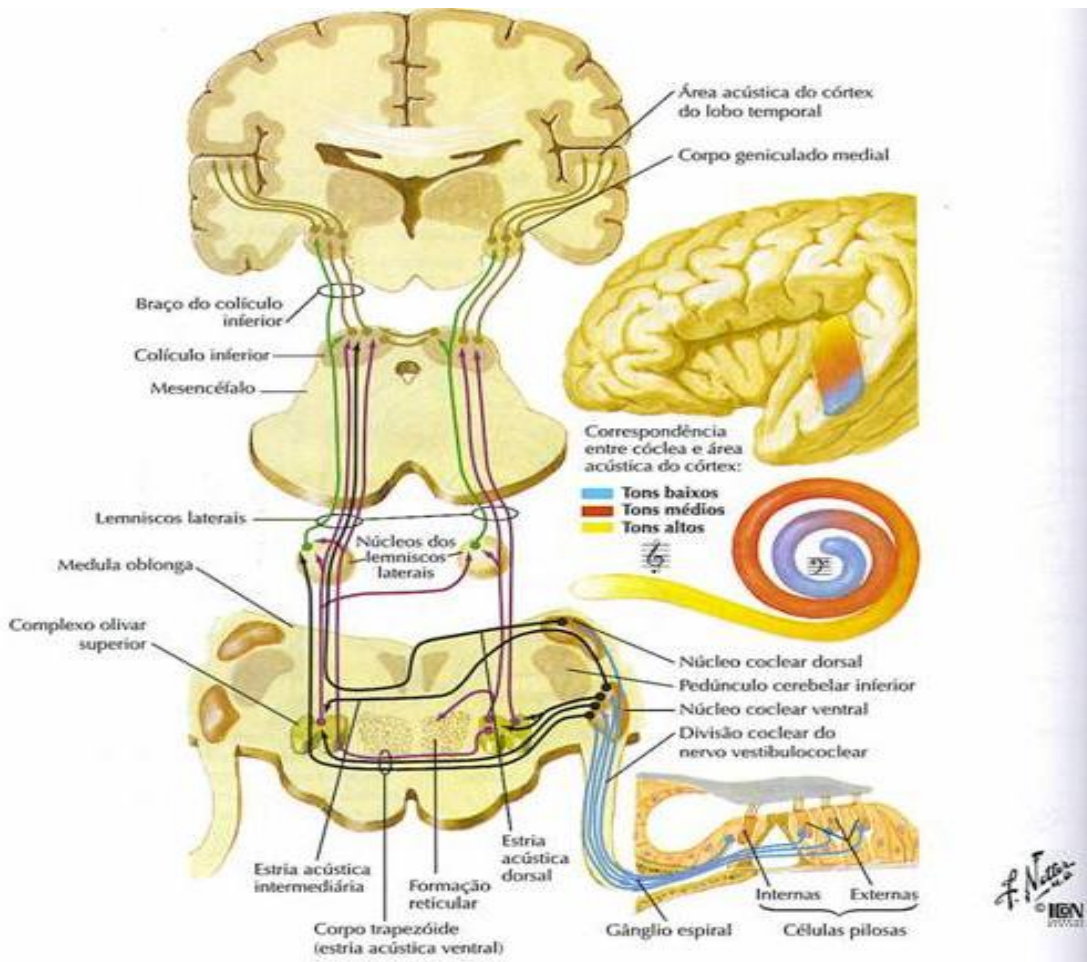


Figura 5: Sistema auditivo central

Fonte: http://www.sistemanervoso.com/pagina.php?secao=2&materia_id=457&materiaver=1

O funcionamento integrado do sistema auditivo periférico e do sistema auditivo central para a compreensão da mensagem auditiva é denominado “processamento auditivo”.

O processamento auditivo corresponde aos mecanismos do sistema auditivo envolvidos nos fenômenos comportamentais de: localização e lateralização da fonte sonora; discriminação auditiva; reconhecimento de padrões auditivos; aspectos temporais da audição (mascaramento, integração, ordenamento e resolução temporais); desempenho auditivo na presença de sinais acústicos em competição; e desempenho auditivo com sinais acústicos degradados (AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION, 2005).

O processo de recepção e integração do sinal acústico é possível porque o sistema auditivo desempenha as seguintes habilidades (MUSIEK E GEURKINK, 1980; PHILIPS, 1995):

- a)detecção do som - habilidade para identificar a presença do som;
- b)localização - habilidade para determinar o local de origem da fonte sonora;
- c)atenção - habilidade para deter-se em um determinado estímulo durante um período de tempo;
- d)atenção seletiva - habilidade para monitorar determinado estímulo auditivo significativo, mesmo que a atenção primária esteja voltada a outra modalidade sensorial ou que exista a presença de um ruído de fundo;
- e)figura-fundo - habilidade para identificar o sinal de fala em presença de outros sons competitivos;
- f)síntese ou integração binaural - habilidade para reconhecer estímulos apresentados simultânea ou alternadamente em ambas as orelhas;
- g)separação binaural - habilidade para atender e integrar informações auditivas diferentes apresentadas nas duas orelhas simultaneamente;
- h)fechamento - habilidade para reconhecer o sinal acústico quando partes dele são omitidas;
- i)reconhecimento - habilidade para identificar corretamente um estímulo sensorial por meio de conhecimento previamente adquirido;
- j)discriminação - habilidade para detectar diferenças entre os padrões de estímulo sonoro (frequência, intensidade, duração dos sons da fala);
- k)combinação - habilidade para formar palavras a partir de fonemas articulados separadamente;
- l)associação: habilidade para estabelecer relações não linguísticas e a sua fonte sonora;
- m)compreensão - habilidade para estabelecer relações entre o estímulo linguístico e o seu significado para a adequada interpretação; e
- n)memória: habilidade para armazenar e reter o estímulo auditivo, processo que permite arquivar as informações para poder recuperá-las quando necessário.

Neste estudo, enfoca-se a atenção seletiva, que compreende as habilidades auditivas de figura-fundo para sons verbais e não verbais (identificação de sons na presença de outros sons da natureza) e de fechamento auditivo (identificação de sons verbais acusticamente degradados). A

atenção seletiva é uma habilidade individual, em que o sujeito é capaz de selecionar um estímulo em detrimento de outros (PEREIRA, 2005).

Para que as habilidades de figura-fundo e de fechamento sejam desenvolvidas, vários processos cognitivos estão presentes, atuando conjuntamente no desenvolvimento da capacidade de lidar com os sons recebidos via audição, tais como: atenção; habilidade do indivíduo de se preparar, de focar um estímulo sonoro e, ainda de estar pronto para receber um estímulo diferente em qualquer momento e memória; capacidade de alterar o comportamento por meio da experiência, do aprendizado; e capacidade de modificar o comportamento para se ajustar ao meio ambiente (PEREIRA, 2005).

Bregman (1994) relata que, para se realizar adequadamente a figura-fundo auditiva, ou seja, para selecionar um estímulo em detrimento de outros é preciso construir uma separação mental de diferentes sons produzidos no ambiente. Essa separação mental é resolvida por meio das características do sinal acústico, do conhecimento de sons familiares, de regras gramaticais e de informações da voz do interlocutor. A dificuldade em compreender a fala em ambientes barulhentos é reduzida quando o som possui qualidades (*pitch*, localização espacial, intensidade e qualidade vocal) diferentes dos outros.

2.3. Confusão de consoantes

Uma forma de examinar a atenção seletiva consiste em estudar a confusão das consoantes.

A seguir, descrevem-se estudos de confusão de consoantes analisados com ênfase na acústica dos sons, na fonologia e em seus traços distintivos.

2.3.1. Acústica na confusão de consoantes

Procurando modificar os estudos com relação à percepção da fala, que antes eram baseados somente nas questões articulatórias, Miller e Nicely (1955) resolveram estudar e explorar a discriminação das consoantes em contextos distintos. Os autores investigaram 16 consoantes seguidas da vogal /a/ nas relações sinal/ruído -18, -12, -6, 0, +6, +12dB na faixa de frequência de 200 a 6.500Hz. Estudaram também diferentes tipos de filtros de frequência (200-

300Hz, 200-400Hz, 200-600Hz, 200-1.200Hz, 200-2.500Hz, 200-5.000Hz, 1000-5.000Hz, 2.000-5.000Hz, 2.500-5.000Hz, 3.000-5.000Hz, 4.500-5.000Hz) para a relação sinal/ruído +12dB. Perceberam que, à medida que a relação sinal ruído diminuía - ou seja, tornava-se positiva -, as confusões entre as consoantes também reduziam. Quanto às faixas de frequências, observaram que um filtro com uma faixa de frequência maior (200-5.000Hz) apresentava menores confusões quando comparadas com faixas de frequência menores (200-300Hz). O filtro passa-baixa afetou diferentemente as características linguísticas, deixando-as audíveis, mas similares, enquanto o filtro passa-alta removeu a acústica das consoantes, tornando-as mais confusas. Assim, a audibilidade é um problema relacionado ao sistema passa-baixa e a confusão é um problema relacionado ao sistema passa-alta. Quanto às características das consoantes, o vozeamento, a nasalidade, a africação e o ponto de articulação se deterioraram quando as baixas frequências são removidas. Observaram também que o espectro do ruído uniforme mascara mais as altas frequências que as baixas frequências.

Li, Menon e Allen (2010) estudaram a confusão da fala na estrutura CV (C- consoante, V- vogal) adicionando ruído, modificando os sons iniciais e utilizando filtros de frequências diferentes. Verificaram que o som [ta] foi confundido com os sons [pa] e [ka], sendo altamente prejudicado quando há ruído em altas frequências. O som [da] foi confundido com o [ga] e mostrou que tanto as altas frequências quanto a transição de F2 interferem na sua percepção. Os sons [ka] e [ga] são dominados por ruídos de média frequência. Para o som [pa], a barra de plosão e o F2 inicial contribuem para sua percepção. O som [ba] foi o que apresentou maior dificuldade em reconhecimento, havendo muita confusão com o [va] e o [fa]. O [pa] e o [ba] são dominados por ruídos de baixas frequências. Os sons [pa], [ta] e [ka] formaram um mesmo grupo de confusão, por serem consoantes não vozeadas. As consoantes plosivas vozeadas [da] e [ga] também apresentaram número expressivo de confusões. Verificou-se também que [ba] e [va] formaram um grupo de confusão diferente, pois, apesar de se diferenciarem por ponto e modo articulatorio, confundiram-se expressivamente, o que se justifica por apresentarem uma transição de F2 em comum.

Forgerty e Kewley-Port (2009) estudaram a percepção de consoantes e vogais em sentenças; tendo verificado que o aumento das informações acústicas de transição entre os sons aumenta a acurácia da percepção quando as consoantes estão presentes. Para as vogais, essa informação acústica de transição não influenciou diretamente a percepção. Quando 30% das

vogais são removidos, o índice de percepção correta das sentenças é de 56% e quando 30% das consoantes são removidos o índice de reconhecimento correto é de 69%, concluindo-se que as vogais contribuem mais para a inteligibilidade da sentença do que as consoantes.

Estudo utilizando sílabas VC e CV em diferentes intensidades, ruído e faixas de frequências demonstrou que o efeito do filtro passa-baixa foi maior que o efeito do ruído no reconhecimento das consoantes. Observou-se, também, que o ruído interferiu mais nos baixos níveis de intensidade de apresentação na estrutura CV, uma vez que nos altos níveis de intensidade o desempenho no ruído foi melhor. Os padrões de erros dos efeitos de filtro de frequência e do ruído não são independentes uns dos outros. Verificou-se que o ruído tem maior efeito nas frequências altas (fricativas) que nas frequências baixas (vozeamento) (BELL, DIRKS E CARTERETTE, 1989).

Com o objetivo de investigar a natureza do reconhecimento de consoantes, por meio da apresentação de filtros de frequências, Tasell, Soli, Kirby e Windin (1987) verificou que as consoantes se separaram em grupos de acordo com suas características acústicas (vozeamento, amplitude e “burst”). A primeira característica distinguiu as consoantes vozeadas das consoantes desvozeadas; a segunda distinguiu as consoantes sonoras com maior amplitude daquelas com menor amplitude; e a terceira distinguiu as plosivas não vozeadas das outras consoantes.

Fant, Lindblon e Serpa-Leitão (1966) realizaram um estudo em que compararam a percepção das consoantes do inglês e do sueco. Para isso, utilizaram sílabas na estrutura CV, sendo V a vogal /a/. O estímulo foi apresentado de diferentes formas: sem distorção, com filtro passa-baixa até 2000 Hz e com ruído branco na relação sinal/ruído de +13dB. Observou-se que na condição de filtro passa-baixa a frequência de erros na percepção das consoantes foi maior no inglês do que no sueco e que consoantes produzidas com diferentes modos articulatorios são mais confundidas. Na condição de ruído branco, os autores verificaram também que o ruído tem maior efeito na percepção do modo articulatorio do que na percepção do ponto articulatorio.

Redford e Diehl (1999) estudaram a percepção das consoantes em diferentes contextos. Verificaram que consoantes no início de sílaba são mais bem percebidas que consoantes em final de sílabas. Essa vantagem na percepção é influenciada por três fatores: tipo de consoante, tipo de vogal e características do falante. Constataram que as consoantes em final de sílaba são mais bem percebidas quando precedidas por vogal do que quando precedidas por consoante. Observaram que as fricativas sibilantes e as plosivas são mais bem identificadas do que as fricativas não

sibilantes. A melhor percepção das consoantes iniciais pode ser atribuída a suas características distintas, na qual a amplitude contribui mais para a percepção do que a duração, no que diz respeito à distinção entre consoantes iniciais e consoantes finais.

Li e Loizou (2008) verificaram a contribuição da informação oferecida por consoantes obstruintes para inteligibilidade de fala no ruído e da informação carregada por frequências altas e baixas para o reconhecimento no ruído. Para isso, utilizaram-se de estímulos isolados VCV com a vogal /a/ e de sentenças, apresentados na relação sinal ruído igual a -5 e 0 dB (NS). Os dois tipos de estímulos foram utilizados porque nas sentenças o ouvinte tem acesso à informação lexical e no contexto isolado não se usa o conhecimento linguístico. Os estímulos foram apresentados em três condições: NYS (as consoantes em meio ao ruído de fala), OFF (consoantes obstruintes sem ruído) e CLN (as consoantes obstruintes apresentadas com ruído formado por segmentos de consoantes obstruintes). Constataram que os sujeitos obtiveram melhor benefício para acertar os sons com as consoantes na condição OFF do que em meio ao ruído de fala; que no contexto isolado VCV os índices de acerto foram mais altos nas três condições em comparação com as sentenças; e que os índices de acertos foram maiores na relação sinal ruído igual a zero. Nas sentenças e no contexto isolado, observaram que não é necessário ter acesso a todo o espectro da consoante obstruinte para melhorar a inteligibilidade. Ter acesso à região de baixa frequência do espectro da consoante obstruinte foi suficiente para melhorar a performance de reconhecimento.

Com o objetivo de entender a extensão e as características do mascaramento da informação com estímulo de fala e as mudanças dos seus efeitos na criança e no adulto, Wightman e Kistler (2005) realizaram um estudo no qual verificaram que com o decréscimo da idade a informação do mascaramento interfere cada vez mais na percepção da fala, principalmente quando o mascaramento é ipsilateral (ou seja, o mascaramento é apresentado na orelha do mesmo lado em que o estímulo é tocado). Quando o ruído é contralateral (apresentado à orelha do outro lado ao que o estímulo é tocado), a interferência na percepção da fala foi semelhante no mascaramento tanto com fala feminina quanto com fala masculina no grupo de crianças mais velhas e nos adultos. Nas crianças mais novas (idade entre 6,6 e 8,5 anos), o impacto do mascaramento contralateral com fala feminina foi maior do que o com fala masculina. Na relação sinal ruído +8dB, a performance na percepção da fala foi boa em todos os grupos de maior idade e nos adultos. Mas o desempenho das crianças mais novas foi 35% menor em

número de acertos. O estudo concluiu que somente indivíduos com idade maior ou igual a nove anos é que usam as estratégias de atenção seletiva para a segregação dos estímulos distratores e que essa segregação do estímulo distrator é facilitada dependendo do estímulo e se o ruído distrator contém fala feminina ou masculina.

Bernstein e Grant (2009) estimaram a percepção da fala de ouvintes normais e de indivíduos com perda auditiva com estímulo puramente auditivo e estímulo auditivo-visual com três tipos diferentes de mascaramento: ruído gaussiano (em que as frequências seguem uma distribuição normal), fala masculina e ruído de fala modulada. Verificaram que a performance no ruído para todos os mascaramentos foi maior quanto melhor era a relação sinal ruído e que o reconhecimento de fala melhorou com o apoio visual, por causa da informação articulatória.

Caporali e Silva (2004) investigou o reconhecimento de fala no silêncio e no ruído para dois tipos de ruído: branco com espectro ampliado e “*cocktail party*” (espectro de fala associado a ruído de uma situação de festa) em sujeitos adultos e idosos, com o objetivo de verificar se haveria diferença no desempenho de reconhecimento de fala nas situações de silêncio e ruído. Os resultados revelaram que os sujeitos apresentaram maior dificuldade no reconhecimento de fala, principalmente na presença do ruído “*cocktail party*”.

2.3.2. Traços distintivos na confusão de consoantes

Miller e Nicely (1955) também abordaram uma análise por meio de traços distintivos. Observaram que os traços de vozeamento e de nasalidade são os menos afetados pelo ruído na percepção das consoantes. Africação e duração são similares, representando ambos nível superior de reconhecimento correto ao modo articulatório, mas inferior a vozeamento e nasalidade. Com relação ao filtro utilizado, o do tipo passa-baixa afetou as características de vozeamento, nasalidade, africação e ponto de articulação, deteriorando a discriminação das consoantes quando as frequências baixas foram removidas. Com isso, verificou-se que o filtro passa-baixa afeta as características linguísticas, deixando as consoantes audíveis, mas bastante similares, enquanto o filtro passa-alta remove a acústica das consoantes, deixando-as inaudíveis.

Utilizando a mesma metodologia de Miller e Nicely (1955), Soli, Arabie e Carrol (1986) verificou que quanto mais atributos comuns os sons compartilham mais difícil torna-se sua percepção como sons diferentes, pois estarão dentro do mesmo envelope de sons. Os atributos

mais salientes que influenciam na formação dos agrupamentos de confusão dos sons são: nasalidade e vozeamento. Os atributos que influenciam menos no reconhecimento dos sons são, em geral: ponto e modo de articulação. As consoantes vozeadas são mais suscetíveis à degradação dos envelopes pelo modo de articulação do que as consoantes não vozeadas. O filtro de baixa frequência degrada os atributos diferentes do estímulo, o que influencia na percepção dos atributos de vozeamento e o modo de articulação. Já o filtro de alta frequência degrada tanto os atributos comuns como os distintos, aumentando a similaridade entre os estímulos e a confusão entre eles.

Dantsuji, Doshita e Sagayama (1993) também estudaram o fenômeno de desenvolvimento de envelopes de confusão, em que a hierarquia dos traços reflete a distância entre os segmentos. Os resultados do estudo mostraram que os segmentos se dividem em classes naturais e que refletem as diferenças entre os traços. Observaram que a hierarquia acústica coincide com a hierarquia dos traços, que são baseados nas propriedades articulatórias dos sons.

Com o objetivo de verificar quais traços distintivos são importantes para a discriminação de consoantes, realizou-se um estudo em que se utilizaram sílabas CV (consoante-vogal) e VC (vogal-consoante) com consoantes do inglês que se combinavam com as vogais /i/, /a/ e /u/. Foram utilizadas as relações sinal ruído de -10, -5, 0, +5, +10 e +15dB (NS), em que os níveis de ruído foram 50dB (SPL), 65dB (SPL), 80dB (SPL) e 95dB (SPL). Verificou-se que os níveis de ruído de 80dB (SPL) e 95dB (SPL) produzem menor discriminação nos escores; que os traços nasal, vozeado e arredondado foram os mais importantes para a percepção das consoantes; e que os traços estridente e baixo mostraram pouca relevância para a percepção de consoantes (WANG E BILGER, 1973).

Gordon-Salant (1986), ao examinar a independência e a interatividade dos efeitos das modificações acústicas e da idade na performance da percepção da fala, verificou que os indivíduos jovens (21 a 33 anos) reconheceram todos os pontos articulatórios melhor que os indivíduos mais velhos (65 a 72 anos) em todas as condições (estímulo básico, com aumento da duração, com aumento da intensidade e com aumento da duração e intensidade). O efeito do vozeamento refletiu em maior reconhecimento das consoantes não vozeadas em comparação com as consoantes vozeadas. A confusão de consoantes foi maior com o estímulo a 75dB (SPL) do que a 90dB (SPL). As modificações acústicas de aumento de intensidade e de associação entre aumento de intensidade e aumento de duração resultaram em melhora no reconhecimento das

consoantes. O reconhecimento de líquida, glide, sibilante e nasal é melhor que o das plosivas e fricativas.

Phatak e Allen (2007) também realizaram um estudo para verificar a percepção de consoantes no ruído. Verificaram que o ruído branco mascarou uniformemente as consoantes. Já o ruído de fala não mascarou de forma uniforme as consoantes, resultando em escores de reconhecimento diferentes. As consoantes do grupo C2 (s, z, t, ʃ, ʒ) apresentaram altos escores de reconhecimento correto das consoantes. As consoantes do grupo C1 (f, v, b, m, , ð) apresentaram menores números de acertos quanto ao adequado reconhecimento das consoantes.

Em seu estudo, Chaudhari e Pandey (1998) utilizaram ruído em diferentes bandas de frequência e em diferentes relações sinal/ruído (6, 3, 0 e -3dB) para avaliar a recepção auditiva de indivíduos com audição normal. O estímulo consistia de doze consoantes /p/, /b/, /t/, /d/, /k/, /g/, /m/, /n/, /s/, /z/, /f/ e /v/ no contexto VCV (C- consoantes, V- vogal) e CV, sendo utilizada a vogal /a/. O estímulo era apresentado de forma dicótica (ou seja, informações diferentes em cada orelha) a uma intensidade que variou de 75dB a 85dB (SPL), dependendo do nível do conforto individual. Foi observado em todos os sujeitos que o reconhecimento diminui à medida que o nível do ruído aumenta e que quanto melhor a percepção das consoantes melhor a identificação dos traços distintivos de vozeamento, ponto e modo.

Phatak, Yoon, Gooler e Allen (2009) compararam a confusão de consoantes em indivíduos com audição normal e com perda auditiva (entre 30 e 70dB). A metodologia utilizou sílabas isoladas no formato CV com 16 consoantes: /p/, /t/, /k/, /f/, /θ/, /s/, /ʃ/, /b/, /d/, /g/, /v/, /ð/, /z/, /ʒ/, /m/ e /n/) e vogal /a/. Os testes foram realizados de forma monoaural e o nível de apresentação do estímulo foi de 75dB ou 85dB SPL, dependendo do nível de conforto do indivíduo. Na relação sinal ruído igual a 0, observaram 51% de erros no reconhecimento das consoantes em indivíduos com perda auditiva, mas esses erros variaram de acordo com a consoante. Nos indivíduos com audição normal na relação sinal ruído igual a -16dB, observaram 52% de erros, porcentagem que variou de acordo com a consoante. As consoantes (/b/, /f/, /ð/, /v/, /θ/) apresentaram altos índices de dificuldade de reconhecimento tanto em ouvintes normais quanto em ouvintes com perda auditiva. Já as consoantes (/z/, /t/, /ʒ/, /s/, /ʃ/) apresentaram bons índices de reconhecimento em indivíduos com boa audição, mas índices ruins de reconhecimentos nos indivíduos com perda auditiva, uma vez que a perda auditiva afeta, em

geral, frequências altas. Constataram então, que a performance de reconhecimento é específica por consoante e que as confusões das consoantes são significativamente diferentes para indivíduos com audição normal e indivíduos com perda auditiva.

Woods, Yund, Herron, Cruadhlaich (2010) caracterizaram a identificação das consoantes no formato CVC combinadas com três vogais: /a/, /i/ e /u/. Encontraram que 64,1% das consoantes iniciais foram identificadas corretamente e que 65,2% das consoantes finais foram identificadas corretamente. Uma confusão comum encontrada foi a de modo, conservando ponto e vozeamento (/b/- /v/ e /b/-/m/) e de vozeamento conservando ponto e modo (/b/-/p/ e /tʃ/-/ dʒ/). Outra confusão encontrada foi do fonema /v/ com várias outras consoantes (/b/, /ð/, /m/, /l/, /r/ e /f/). A análise de traços revelou que confusões de ponto ocorrem mais frequentemente que confusões de modo e que confusões de modo ocorrem mais frequentemente que as de vozeamento. As confusões encontradas foram organizadas de acordo com as classes das consoantes, em que, tipicamente, as consoantes com mesmo modo e vozeamento ficaram em um mesmo grupo e as consoantes nasais, líquidas e fricativas sibilantes ficaram em outro grupo. Verificaram que as consoantes iniciais são identificadas com mais acurácia do que as consoantes finais em sílabas contendo a vogal /a/. Já as consoantes finais foram identificadas com maior acurácia em sílabas contendo a vogal /i/. As consoantes fricativas sibilantes, líquidas e plosivas foram mais bem identificadas em sílabas contendo /i/, fricativas não sibilantes foram mais bem identificadas quando a sílaba continha /u/ e nasais foram mais bem identificadas quando as sílabas continham /a/. Verificaram também que tanto as consoantes iniciais quanto as finais são identificadas com maior acurácia quando se diferem em ponto de articulação. Não foi encontrada interação para a identificação de consoante inicial e final para modo e vozeamento. Isso pode ser explicado porque a análise de ponto é mais difícil que a análise de modo e vozeamento e particularmente as consoantes finais requerem maior tempo para a análise.

Benkí (2003) realizou um estudo para verificar o comportamento de consoantes iniciais em coda e de vogais no ruído. Foram apresentadas aos sujeitos 120 sílabas sem sentido nas relações sinal/ruído -14dB, -11dB, -8dB e -5dB. O autor verificou que o traço de vozeamento das consoantes é marcante e somente é afetado pelo ruído na posição inicial nas relações sinal/ruído utilizadas. O modo de articulação é menos marcante que o vozeamento e o ponto de articulação é muito afetado pelo ruído. A taxa de confusão das consoantes e vogais é menor na relação sinal

ruído - 5dB. Observou, também, melhor reconhecimento no ruído de consoantes iniciais do que consoantes em coda.

Com o objetivo de comparar a confusão de consoantes no ruído em crianças e adultos com audição normal, Nishi, Lewis, Hoover, Choi e Stelmachowicz (2010) formaram três grupos de crianças (4 e 5 anos, 6 e 7 anos, 8 e 9 anos) e um grupo de adultos (19 a 41 anos), para identificar quinze consoantes /p/, /t/, /k/, /f/, /s/, /ʃ/, /b/, /d/, /g/, /z/, /v/, /l/, /r/, /m/ e /n/ inseridas em sílabas sem sentido na língua inglesa, no formato VCV, sendo V a vogal /a/, em três condições de relação sinal ruído (0, +5, +10). As sílabas sem sentido foram utilizadas para minimizar o contexto lexical. Os autores verificaram que a performance do reconhecimento das consoantes melhora à medida que a relação sinal ruído aumenta e a idade também aumenta; que a confusão de modo diminui com o aumento da relação sinal ruído; que a confusão de ponto diminui com o desenvolvimento da idade e com o aumento da relação sinal ruído; e que a confusão de vozeamento é similar em crianças e adultos na relação sinal ruído baixa. A confusão de ponto foi resultado da interação dos efeitos do ruído e da idade e a confusão de modo foi resultado da influência do ruído e da estrutura silábica. Os autores encontraram com relação ao ponto que as consoantes médias foram percebidas com mais acurácia, seguindo-se as consoantes anteriores e posteriores. O reconhecimento das oclusivas foi pior que o reconhecimento das consoantes nasais e líquidas. Já comparando com ponto e modo, a performance no vozeamento foi melhor em todos os grupos. Os autores concluíram que no padrão de confusão são observados os mesmos tipos de erros mais frequentemente em crianças mais novas, crianças mais velhas e adultos. Estes resultados sugerem que as crianças não adquirem a habilidade de reconhecer todas as características fonéticas ao mesmo tempo.

Alm, Behne, Wang e Eg (2009) investigaram a influência de diferentes tipos e níveis de ruído na percepção da fala. Os estímulos apresentam diferença de ponto e vozeamento (/pa/, /ba/, /ta/, /da/, /ga/ e /ka/). Foram utilizados ruídos branco e de festa como mascaramento nas relações sinal ruído igual a 0dB, -12dB e silêncio na intensidade fixa de 68dBA. Os resultados mostraram que o ponto articulatorio foi mais influenciado pelo ruído branco do que pelo ruído de festa e que os estímulos vozeados foram mais susceptíveis ao ruído de festa do que ao ruído branco. Quanto ao ponto articulatorio, os componentes visuais e auditivos diferem, sendo que o ruído branco tem piores respostas (23%) que o ruído de festa (45%). No silêncio, o percentual de respostas corretas

foi maior que o percentual na relação sinal ruído igual a 0dB, em que os índices de acertos foram maiores do que na relação sinal ruído igual a -12dB.

Dubno e Levitt (1981) avaliaram a confusão de consoantes em sílabas sem sentido (CV e VC) combinadas com as vogais /a/, /i/ e /u/. A fala foi apresentada em 20, 28, 36 e 44dB SPL na relação sinal ruído + 5dB, com ruído de cafeteria sem a conversação inteligível. Observou-se que a percepção foi melhor em consoantes vozeadas que em consoantes não vozeadas. As consoantes iniciais foram mais bem percebidas que as consoantes finais. Quanto à performance relacionada ao contexto vocálico, verificou-se que a percepção foi melhor nas consoantes seguidas da vogal /a/. O número de erros diminuiu com o aumento no nível de fala. A adição do ruído de cafeteria reduziu efetivamente os escores das consoantes nasais, principalmente em posição final. Para os outros modos das consoantes o efeito do mascaramento foi independente do vozeamento, da posição e da vogal. O reconhecimento das consoantes frontais /p/, /f/, /b/, /v/ e /m/ foram piores que o reconhecimento das consoantes produzidas medial e posteriormente no trato vocal tanto no silêncio quanto no ruído. A frequência de confusão das consoantes foi maior na característica ponto articulatorio que no modo articulatorio.

A maioria dos estudos utilizou em sua análise outras teorias fonológicas que não a teoria de geometria de traços.

3. MATERIAL E MÉTODO

Nesta seção, descrevem-se a amostra, o material e os procedimentos deste trabalho.

Trata-se de um estudo experimental com medidas repetidas, realizado com a aprovação prévia do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, conforme parecer número ETIC – 0316.0.203.000-11.

3.1. Amostra

A pesquisa utilizou uma amostra de conveniência composta por onze sujeitos adultos, do sexo masculino e do sexo feminino, com idade entre vinte e trinta anos, recrutados na Universidade Federal de Minas Gerais e convidados a participar do estudo. Todos leram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concordaram com seu conteúdo e assinaram.

Os critérios de inclusão para participação na pesquisa foram: ter idade entre dezoito e trinta anos e ler, concordar e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os critérios de exclusão foram: ter perda auditiva, desordem de processamento auditivo, desistir de participar da pesquisa ou não realizar adequadamente as tarefas propostas.

Como critérios de referência na avaliação auditiva e avaliação do processamento auditivo, consideraram-se:

- Limiares auditivos até 25dB nível de audição (NA);
- Curva timpanométrica (medida da imitância acústica decorrente da variação de pressão do ar no conduto auditivo externo) tipo A ;
- Presença de reflexos acústicos (contração do músculo estapédio a estímulos acústicos de intensidade em torno de 70dB a 90dB acima de seu limiar de audibilidade) contralaterais e ipsilaterais bilateralmente;
- Teste fala com ruído - número de acertos igual ou superior a 70%, com diferença de até 20% entre as porcentagens de acertos do índice percentual de reconhecimento de fala (IPRF) e do teste fala com ruído (SCHOCHAT E PEREIRA, 1997)
- Teste dicótico de dígitos - resultado igual ou superior a 95% de acertos, tanto na orelha direita como na esquerda (SANTOS E PEREIRA, 1997)

Procedeu-se, então, à formação do grupo de estudo para verificar o desempenho dos sujeitos na tarefa de percepção de consoantes.

3.2. Material e procedimento

A coleta de dados da pesquisa foi dividida em duas etapas:

- 1) Avaliação preliminar - cujo propósito foi selecionar para a amostra sujeitos com audição periférica e processamento auditivo dentro dos critérios de referência;
- 2) Avaliação da percepção de consoantes - cujo objetivo foi verificar a confusão de consoantes seguidas da vogal /a/, em meio ao ruído branco e ruído de festa nas relações sinal ruído igual a 0 e +5dB (NS).

Estas avaliações foram realizadas no Laboratório de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais.

- Avaliação preliminar

Os procedimentos utilizados na avaliação audiológica preliminar foram: imitanciometria, audiometria tonal liminar, logoaudiometria (teste de reconhecimento de fala) e avaliação do processamento auditivo. A imitanciometria foi realizada no Imitanciômetro AO-400R. A audiometria e a logoaudiometria foram realizadas no audiômetro MADSEN Intera II. Os níveis de pressão sonora em cada frequência estavam de acordo com o nível permissível, em obediência à norma ANSI S3-1991. A avaliação do processamento auditivo foi realizada no aparelho Processamento Auditivo Central- PAC 2002. Os procedimentos realizados são descritos a seguir:

A imitanciometria compreende a timpanometria e o reflexo acústico. A timpanometria é a medida da imitância acústica decorrente da variação de pressão do ar no conduto auditivo externo. A pressão aérea é variada, positiva e negativamente, em relação à pressão atmosférica, ou pressão do ambiente. Medem-se, então, os efeitos dinâmicos das mudanças de pressão nas propriedades da imitância acústica do sistema de transmissão da orelha média. A pesquisa dos reflexos acústicos contralaterais e ipsilaterais foi realizada com a apresentação de estímulos de tons puros de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 4.000 Hz. Tais reflexos corresponderam à contração do músculo estapédio, na orelha média, como mecanismo de proteção à orelha interna quando o

sujeito é exposto a estímulos acústicos de intensidade em torno de 70dB a 90dB acima de seu limiar de audibilidade, ou seja, de 70dB a 90dB nível de sensação (NS) (JERGER, 1970). A presença desses reflexos foi associada à integridade global das vias auditivas, pois forneceu informações acerca do estado da orelha média, da cóclea, do nervo auditivo, do tronco encefálico e do nervo facial (CARVALHO, 2005).

O exame da audiometria tonal liminar permitiu a determinação do limiar de audibilidade das orelhas direita e esquerda por frequência sonora. Isto é, possibilitou identificar o menor nível de intensidade do estímulo acústico – tom puro – no qual o sujeito consegue detectar a presença do som em 50% das apresentações em cada frequência. As frequências sonoras utilizadas na realização da audiometria são de 250Hz, 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz, 3.000Hz, 6.000Hz e 8.000Hz. Por meio da técnica descendente, foram determinados os limiares tonais, conforme proposto por Frota (1998). Foi considerado limiar auditivo normal aquele que não ultrapassou o nível de 25dB nível de audição (NA), conforme critérios descritos por Lloyd e Kaplan, (1978).

No que diz respeito à logaudiometria, por meio do qual se investiga a habilidade do sujeito para perceber os sons da fala, foi pesquisado o limiar de reconhecimento da fala (LRF), com o método descendente, e o índice percentual de reconhecimento da fala (IPRF), nos moldes propostos por Frota e Sampaio (2003). O LRF correspondeu ao nível mínimo de intensidade sonora necessário para o sujeito identificar 50% das palavras apresentadas e seu valor, para confirmar os limiares encontrados na audiometria tonal, deve ser igual à média dos limiares nas frequências de 500Hz, 1.000Hz e 2.000Hz – frequências da fala – ou até 10dB acima dessa média. O IPRF consistiu no índice de inteligibilidade para o estímulo da fala em intensidade fixa, de 40dB NS, isto é, 40dB acima do limiar médio de audibilidade nas frequências da fala. Esse índice é obtido com a leitura de uma lista de 25 monossílabos para que o sujeito repita as palavras ouvidas corretamente.

Para avaliação do processamento auditivo, foram realizados testes comportamentais, utilizando estímulos verbais e não verbais, em tarefas dicóticas e monóticas, conforme publicado no Manual de Avaliação do Processamento Auditivo organizado por Pereira e Schochat (1997). Foram utilizados o teste fala com ruído, que avalia a habilidade de fechamento auditivo, e o teste dicótico de dígitos, que avalia a habilidade de figura-fundo. Justifica-se a escolha dos testes de processamento auditivo mencionados tomando como base o documento publicado pela ASHA (2005), em que são explicitados e exemplificados os tipos de testes existentes para se avaliar o

processamento auditivo, ressaltando-se que não é necessária a utilização de todos os tipos de testes para toda avaliação dessas habilidades auditivas. Foram escolhidos esses testes por compreenderem as habilidades (fechamento e figura-fundo) necessárias em nosso cotidiano para a percepção da fala no ruído, no caso deste estudo, para a percepção das consoantes no ruído.

No teste fala com ruído, foram apresentados os estímulos verbais à intensidade de 50dB (NS) calculada pela soma de 40dB ao limiar médio de audibilidade para 500Hz, 1.000Hz e 2.000Hz, simultaneamente aos estímulos competitivos de natureza não verbal, ruído branco, produzido pela combinação de sons da faixa de frequência de 100Hz a 10.000Hz. Os sujeitos foram instruídos a repetir as palavras apresentadas juntamente com o ruído, buscando ignorar a presença dele. A forma de apresentação dos estímulos é monótica; ou seja, estímulos diferentes são apresentados de forma simultânea à mesma orelha, e a relação sinal/ruído é igual a + 5 (cinco); ou seja, o estímulo é apresentado 5dB mais alto que o ruído. Os critérios de referência que foram utilizados para a análise dos resultados são os descritos por Schochat e Pereira (1997): número de acertos igual ou superior a 70%, com diferença de até 20% entre as porcentagens de acertos do IPRF; e do teste fala com ruído.

No teste dicótico de dígitos, foram apresentados dois dígitos distintos em cada orelha, simultaneamente, em tarefa de integração binaural, em que o sujeito deveria repetir os quatro dígitos que ouviu. A habilidade de figura-fundo para sons verbais foi considerada adequada, conforme critérios de referência descritos por Santos e Pereira (1997): resultado igual ou superior a 95% de acertos, tanto na orelha direita como na esquerda.

A seguir, descrevem-se os procedimentos realizados para avaliar o sistema auditivo periférico e o sistema auditivo central, com as respectivas estruturas avaliadas e variáveis (Quadro 1).

Quadro 1- Procedimentos de avaliação auditiva periférica e central

Procedimento	Estruturas avaliadas	Variável
Timpanometria	Orelha média	Complacência da membrana timpânica
Pesquisa dos reflexos acústicos contralaterais e ipsilaterais	Orelha média e via auditiva	Presença de reflexos acústicos contralaterais e ipsilaterais bilateralmente
Audiometria tonal limiar	Orelha média, orelha interna e estruturas do sistema nervoso auditivo	Média dos limiares auditivos nas frequências da fala
Avaliação do limiar de reconhecimento de fala	Orelha média, orelha interna e estruturas do sistema nervoso auditivo	Limiar de reconhecimento de fala
Avaliação do índice percentual de reconhecimento de fala	Estruturas do sistema nervoso auditivo	Índice percentual de reconhecimento de fala
Teste dicótico de dígitos	Estruturas do sistema nervoso auditivo	Adequação da habilidade de figura-fundo para sons verbais
Teste fala com ruído	Estruturas do sistema nervoso auditivo	Adequação da habilidade de fechamento auditivo

Foram incluídos na amostra apenas sujeitos com resultados dentro dos padrões indicativos de normalidade, ou seja, seus resultados evidenciaram que todas as características necessárias aos indivíduos para perceber as diferenças experimentais entre as consoantes estão presentes. Assim, os resultados não podem ser devidos a efeitos sistemáticos no nível da audição, seja periférica ou central.

- Avaliação da percepção de consoantes

Foram apresentados aos indivíduos as consoantes [p], [t], [d], [k], [f], [v], [ʃ] e [ʒ] seguidas da vogal [a]. Estas consoantes foram escolhidas por: a) apresentarem os mesmos traços

de classe principal; b) por variarem apenas nos traços de classes não principais; c) formarem sílabas com sentido do tipo consoante-vogal (CV), isto é, palavras do português brasileiro.

A tabela 1 apresenta as consoantes utilizadas no estudo e o número de traços distintivos que elas compartilham, de acordo com Mota (1996).

Tabela 1 - Número de traços distintivos compartilhados entre as consoantes do estudo

	[p]	[t]	[d]	[k]	[f]	[v]	[ʃ]	[ʒ]
[p]	6	5	4	5	5	4	4	3
[t]	5	6	5	5	4	3	5	4
[d]	4	5	6	4	3	4	4	5
[k]	5	5	4	6	4	3	4	3
[f]	5	4	3	4	6	5	5	4
[v]	4	3	4	3	5	6	4	5
[ʃ]	4	5	4	4	5	4	7	6
[ʒ]	3	5	5	3	4	5	6	7

Legenda: Destaque em negrito representa o máximo de traços distintivos das consoantes

Fonte: Motta (1996), p. 49.

As sílabas foram gravadas por sujeito adulto homem, em sala acusticamente tratada e insonorizada. Foram apresentadas aos sujeitos por meio de audíofones de forma diótica; ou seja, o mesmo estímulo foi apresentado ao mesmo tempo nas duas orelhas. Cada sílaba foi gravada duas vezes. Sua apresentação deu-se de forma aleatória. No total, foram dez apresentações por tipo de sílaba, o que totaliza oitenta sílabas por indivíduo.

As sílabas foram apresentadas ao sujeito associadas à presença do ruído branco e do ruído de festa, nas relações sinal/ruído de 0, +5dB (NS). O nível de intensidade de apresentação das sílabas foi de 70dB (NA).

O sujeito foi orientado a prestar atenção somente na sílaba e esquecer o ruído. Assim que ouvisse a sílaba, deveria circular a opção que julgou correta na folha de resposta que continha todas as opções de sílabas reproduzidas (PA TA DA KA FA VA CHA JA).

A inclusão do ruído durante a realização dessa tarefa foi realizada com o intuito de verificar a percepção das consoantes num ambiente mais próximo do cotidiano e de aumentar a complexidade da tarefa. As habilidades do indivíduo em discriminar e decodificar a fala são adquiridas cedo no desenvolvimento auditivo. Por volta de um ano já estão completas (JENKINS, 1992).

No quadro 2, estão listados os detalhes dos sons apresentados.

Quadro 2 - Intensidade e duração dos sons da amostra

Ruídos e Sílabas	Intensidade (dB)	Duração (ms)
Ruído de festa	70 e 65	1000
Ruído branco	70 e 65	1000
[fa]	70	362
[fa2]	70	386
[da]	70	349
[da2]	70	454
[fa]	70	477
[fa2]	70	417
[za]	70	350
[za2]	70	400
[ka]	70	352
[ka2]	70	388
[pa]	70	397
[pa2]	70	400
[ta]	70	360
[ta2]	70	396
[va]	70	374
[va2]	70	378

As relações sinal-ruído utilizadas (0, +5) foram baseadas nos estudos dos testes do processamento auditivo utilizados (teste fala com ruído e o teste dicótico de dígitos descritos por Pereira e Schochat (1997)).

Os traços distintivos (Mota, 1996), a quantidade de traços compartilhados e as confusões possíveis de ocorrer entre as consoantes estão representados a seguir (Quadro 3).

Quadro 3 – Pares de consoantes e seus traços distintivos compartilhados

Três traços	Quatro traços	Cinco traços	Seis traços
[ʒ]-[p]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante	[d]-[p]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos contínuo	[t]-[p] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos contínuo, não vozeado	[ʃ]- [ʒ]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, mais contínuo, coronal, anterior
[v]-[t]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante	[v]-[p] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, labial	[k]-[p]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos contínuo, não vozeado	
[f]-[d]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante	[ʃ]-[p]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, não vozeado	[f]-[p] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, não vozeado, labial	
[v]-[k]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante	[f]-[t] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, não vozeado	[d]-[t] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos contínuo, coronal	
[k]-[ʒ]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante	[ʒ]-[t]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, coronal	[k]-[t] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos contínuo, não vozeado	
	[k]-[d] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos	[ʃ]-[t]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante,	

	contínuo	coronal, não vozeado	
	[v]-[d]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, vozeado	[d]-[ʒ] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, vozeado, coronal	
	[ʃ]-[d]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, coronal	[f]-[v] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, labial, mais contínuo	
	[f]-[k]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, não vozeado	[f]- [ʃ]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, contínuo, não vozeado.	
	[ʃ]-[k] menos soante, menos vocoide, menos aproximante, não vozeado		
	[ʒ]-[f]- menos soante, menos vocoide, menos aproximante, contínuo		

Vale ressaltar que todas as consoantes compartilham no mínimo três traços distintivos, que são os do nó de raiz (soante, vocoide, aproximante).

3.3. Plano de Análise

As respostas dos indivíduos foram analisadas numa matriz de confusão, na qual cada linha da matriz corresponde a consoantes dada como estímulo e cada coluna corresponde à resposta do ouvinte. Nesta matriz é contabilizada a frequência de ocorrência de erros para cada sílaba, para todo o grupo de sujeitos. Por meio dessa frequência de erros, foi calculada a distância perceptiva entre as consoantes, com base no julgamento do ouvinte. A distância foi estimada pela medida Phi (Φ), uma relação entre frequências de confusão obtidas e esperadas, ponderada pelo número de ocorrência (NORUÉSIS, 1994).

A partir dessas distâncias, foi realizado o escalonamento multidimensional dos sons, que é uma representação geométrica das distâncias entre consoantes, tal como um mapa (LEEUE E

MAIR, 2009). Assim, pode-se dizer que seu resultado representa um mapa perceptivo das consoantes em cada nível e tipo de ruído. Um exemplo de mapa multidimensional é mapa da Europa (figura 6) produzido a partir das distâncias lineares entre as cidades europeias representadas, fornecida pelo pacote *smacof* do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011). Calculando-se a relação entre as distâncias entre todas as cidades, chegou-se a este mapa, que é uma representação bidimensional, correspondente a latitude e longitude.

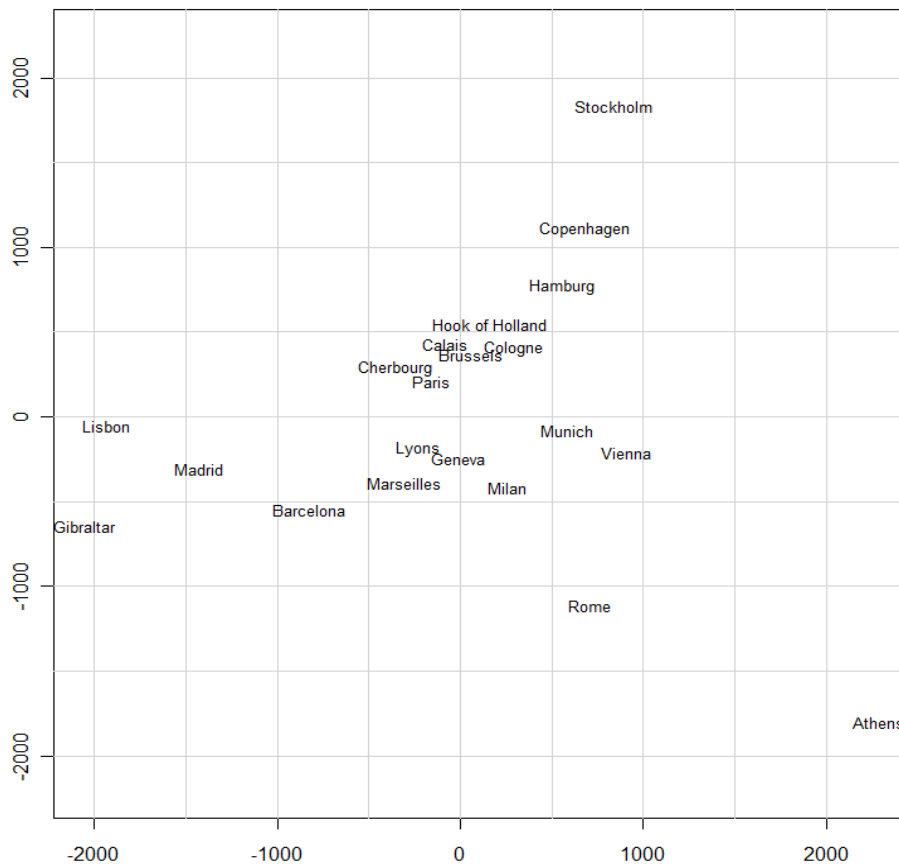


Figura 6 - Mapa multidimensional da Europa

Fonte: R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011

A hipótese que relaciona a confusão de consoantes à teoria de traços é a de que quanto mais traços duas consoantes compartilham mais serão confundidas. Outra maneira de averiguar isso é por meio da distância perceptiva, tal como estimada pelo *phi*, já considerado anteriormente:

consoantes mais confusas serão perceptivamente menos distantes do que consoantes menos confusas. Testou-se esta hipótese por meio de um modelo linear com a distância perceptiva como variável dependente. Como variáveis independentes foram consideradas a quantidade de traços em comum (três, quatro ou cinco), o tipo de ruído (branco ou festa) e o nível da relação sinal/ruído (0 ou +5dB). Não foi possível incluir o par de consoantes com seis traços em comum ([ʃ]-[ʒ]) na análise quantitativa do modelo linear pelo número limitado de exemplares (somente um par que compartilham seis traços). A relação sinal/ruído foi aninhada em tipo de ruído, o que permite comparar um nível com outro dentro do mesmo tipo de ruído, já que não faz sentido comparar, por exemplo, o nível +5dB do ruído branco com o nível 0dB do ruído festa. Utilizou-se o teste HSD de Tukey para investigar as diferenças entre os níveis da variável quantidade de traços.

4. RESULTADOS

A apresentação dos resultados obtidos a partir da coleta de dados é realizada neste capítulo seguindo-se a mesma sequência utilizada na descrição do capítulo Material e Método. Primeiramente, apresentam-se as matrizes de confusão de cada ruído. Em seguida, mostram-se as distâncias entre as consoantes, os mapas perceptivos das consoantes nos respectivos ruídos e relação estatística entre as variáveis do estudo.

4.1. Descrição da amostra

Participaram da pesquisa 11 sujeitos adultos com audição periférica dentro do padrão de normalidade e processamento auditivo dentro dos critérios de referência. A faixa etária compreendeu indivíduos de 20 a 30 anos.

4.2. Resultados do estudo

Os dados do desempenho dos sujeitos na tarefa de percepção de consoantes estão apresentados a seguir, nas matrizes de confusão de consoantes, nas tabelas de distâncias entre as consoantes, nos mapas perceptivos e na relação estatística das variáveis do estudo.

Tabela 2 - Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a 0dB (NS)

Consoantes	Respostas							
	[j]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]	[v]
[j]	53 (48%)	5 (4%)	3 (3%)	13 (12%)	28 (25%)	0 (0%)	8 (7%)	0 (0%)
[d]	0 (0%)	86 (78%)	2 (2%)	7 (6%)	1 (1%)	2 (2%)	12 (11%)	0 (0%)
[f]	0 (0%)	0 (0%)	40 (36%)	1 (1%)	1 (1%)	66 (60%)	0 (0%)	2 (2%)
[ʒ]	2 (2%)	7 (6%)	0 (0%)	96 (87%)	2 (2%)	2 (2%)	1 (1%)	0 (0%)
[k]	0 (0%)	1 (1%)	0 (0%)	1 (1%)	101 (92%)	0 (0%)	7 (6%)	0 (0%)
[p]	0 (0%)	0 (0%)	27 (24%)	2 (2%)	0 (0%)	81 (74%)	0 (0%)	0 (0%)
[t]	1 (1%)	0 (0%)	4 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (6%)	96 (87%)	2 (2%)
[v]	0 (0%)	0 (0%)	7 (6%)	0 (0%)	2 (2%)	8 (7%)	2 (2%)	91 (83%)

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Na matriz de confusão de consoantes, observa-se que a diagonal representa sempre o máximo de valores, em que a consoante foi respondida corretamente como ela mesma. Os valores fora da diagonal representam a percepção incorreta das consoantes, em que esta foi ouvida como outra. Na tabela estão representados os números absolutos de acertos e a porcentagem. Vale lembrar que o número de apresentações para cada som foi 110.

O resultado baseado na tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a 0dB (NS) (tabela 2) mostra que as consoantes que causaram maior confusão com outras consoantes foram [f] (60% das respostas ao ouvirem essa sílaba foram [p]) e [j] (25% das respostas para essa sílaba foram [k]/ e 12% [ʒ]). As consoantes que obtiveram melhores respostas - ou seja, foram menos confusas - foram o [k], com 92% de acertos, [ʒ] e [t], com 87% de acertos e [v], com 83% de acertos.

Tabela 3 - Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a +5dB (NS)

Consoantes	Respostas							
	[j]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]	[v]
[j]	50 (45%)	4 (4%)	1 (1%)	18 (16%)	28 (25%)	1 (1%)	8 (7%)	0 (0%)
[d]	2 (2%)	88 (80%)	0 (0%)	7 (6%)	1 (1%)	0 (0%)	10 (9%)	2 (2%)
[f]	0 (0%)	0 (0%)	36 (33%)	1 (1%)	1 (1%)	69 (63%)	2 (2%)	1 (1%)
[ʒ]	2 (2%)	3 (3%)	2 (2%)	101 (92%)	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1%)
[k]	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	102(93%)	0 (0%)	8 (7%)	0 (0%)
[p]	0 (0%)	1 (1%)	24 (22%)	0 (0%)	0 (0%)	84 (76%)	0 (0%)	1 (1%)
[t]	0 (0%)	0 (0%)	10 (9%)	2 (2%)	1 (1%)	6 (5%)	90 (82%)	1 (1%)
[v]	0 (0%)	2 (2%)	6 (5%)	1 (1%)	2 (2%)	6 (5%)	1 (1%)	92 (84%)

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Na relação sinal ruído favorável do ruído branco (+5dB) (tabela 3) - ou seja, em que o estímulo é mais intenso que o ruído -, observa-se melhora no desempenho na percepção das consoantes [d] (80% de acertos), [ʒ] (92% de acertos), [k] (93% de acertos), [p] (76% de acertos) e [v] (84% de acertos) em comparação com o desempenho das mesmas consoantes no ruído branco com a relação sinal ruído igual a 0 dB (NS).

Assim como na relação sinal ruído igual a 0 dB (NS), as consoantes que causaram maior confusão com outras consoantes na relação sinal ruído +5dB foram: [f] (63% das respostas para essa sílaba foi [p]) e [j] (25% das respostas foram [k] e 16% foram [ʒ]). As consoantes menos confusas foram: [k], com 93% de acertos, [ʒ], com 92%, [v], com 84%, e [t], com 82% de acertos.

Tabela 4 - Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a 0dB (NS)

Consoantes	Respostas							
	[ʃ]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]	[v]
[ʃ]	71 (64%)	1 (1%)	2 (2%)	21 (19%)	11 (10%)	1 (1%)	1 (1%)	2 (2%)
[d]	2 (2%)	73 (66%)	0 (0%)	12 (11%)	8 (7%)	0 (0%)	15 (14%)	0 (0%)
[f]	0 (0%)	1 (1%)	15 (14%)	0 (0%)	0 (0%)	93 (84%)	0 (0%)	1 (1%)
[ʒ]	2 (2%)	4 (4%)	0 (0%)	103 (94%)	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
[k]	0 (0%)	2 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	97 (88%)	0 (0%)	11 (10%)	0 (0%)
[p]	0 (0%)	1 (1%)	28 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	78 (71%)	0 (0%)	3 (3%)
[t]	0 (0%)	20 (18%)	2 (2%)	1 (1%)	8 (7%)	10 (9%)	67 (61%)	2 (2%)
[v]	1 (1%)	4 (4%)	34 (31%)	2 (2%)	8 (7%)	19 (17%)	3 (3%)	39 (35%)

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Nos resultados da tarefa do ruído festa na relação sinal ruído 0dB (NS) (tabela 4), observa-se que as consoantes que causaram maior confusão com outras consoantes foram: [f] (84% das respostas foi como [p]), [v] (31% das respostas foram [f]) e 17% das respostas foram [p] e [t] (18% das respostas foram [d]). As consoantes menos confusas foram: [ʒ], com 94% de acertos, e [k], com 88% de acertos.

Em comparação com o ruído branco 0dB (NS) (tabela 2), observa-se que o percentual de acertos na maioria dos casos foi menor no ruído festa 0dB (NS), o que demonstra maior confusão das consoantes quando expostas concomitante ao ruído festa.

Tabela 5 - Matriz de confusão de consoante da tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a +5dB (NS)

Consoantes	Respostas							
	[ʃ]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]	[v]
[ʃ]	71(64%)	1 (1%)	0 (0%)	25 (23%)	12 (11%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1%)
[d]	2 (2%)	56 (51%)	0 (0%)	19 (17%)	11 (10%)	0 (0%)	21 (19%)	1 (1%)
[f]	0 (0%)	2 (2%)	21 (19%)	0 (0%)	0 (0%)	85 (77%)	0 (0%)	2 (2%)
[ʒ]	0 (0%)	1 (1%)	4 (4%)	99 (90%)	0 (0%)	6 (5%)	0 (0%)	0 (0%)
[k]	1 (1%)	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)	105 (95%)	1 (1%)	1 (1%)	1 (1%)
[p]	0 (0%)	0 (0%)	17 (15%)	0 (0%)	1 (1%)	84 (76%)	3 (3%)	5 (4%)
[t]	1 (1%)	35 (32%)	1 (1%)	0 (0%)	6 (5%)	12 (11%)	54 (49%)	1 (1%)
[v]	0 (0%)	2 (2%)	21 (19%)	0 (0%)	8 (7%)	27 (24%)	12 (11%)	40 (36%)

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Na relação sinal ruído favorável do ruído festa (tabela 5), observa-se leve melhora no desempenho na percepção das consoantes [f], com 19% de acertos, [v], com 36% de acertos, [t], com 49% de acerto, e [k], com 95% de acertos em comparação com o desempenho dessas mesmas consoantes no ruído festa na relação sinal ruído igual a 0dB (NS).

Assim como na relação sinal ruído igual a 0dB (NS) (tabela 4), as consoantes que tiveram maior confusão com as outras consoantes foram: [f] (77% das respostas desta consoante foi como [p]), [v] (24% das respostas foram como [p] e 19% como [f]) e [t] (32% das respostas foram como [d]). As consoantes menos confusas foram: [k], com 95% de acertos, [ʒ], com 90% de acertos, e [p], com 76% de acertos.


Comparando-se o ruído festa +5dB (NS) ao ruído branco +5dB (NS), observa-se que o percentual de acertos foi menor no ruído festa +5dB (NS), demonstrando maior confusão das consoantes no ruído festa. Este dado foi observado seja na relação sinal ruído igual a 0 ou + 5dB (NS).


Analisando as confusões das matrizes de confusão observa-se que todas as possibilidades de confusão estão presentes no estudo. Constataram-se confusões entre consoantes que compartilham três, quatro, cinco e seis traços distintivos. Considerando os sons que se


diferenciam apenas por um traço distintivo (com cinco e seis traços compartilhados), observa-se maior confusão entre os sons que se diferenciam pelos traços do nó de ponto de consoante (coronal- [t]-[p], [k]-[t], [f]-[ʃ], dorsal- [k]-[p]), seguindo-se nó laríngeo (vozeamento- [f]-[v], [ʃ]-[ʒ], [d]-[t] e nó de cavidade oral (contínuo- [f]-[p], [ʃ]-[t], [d]-[ʒ]) (quadro 4).


Quadro 4- Representação das confusões encontradas no estudo e suas diferenças por Nó

Três traços	Quatro traços	Cinco traços	Seis traços
[ʒ]-[p]	[d]-[p]	[t]-[p]	[ʃ]-[ʒ]
[v]-[t]	[v]-[p]	[k]-[p]	
[f]-[d]	[ʃ]-[p]	[f]-[p]	
[v]-[k]	[f]-[t]	[d]-[t]	
[k]-[ʒ]	[ʒ]-[t]	[k]-[t]	
	[k]-[d]	[ʃ]-[t]	
	[v]-[d]	[d]-[ʒ]	
	[ʃ]-[d]	[f]-[v]	
	[f]-[k]	[f]-[ʃ]	
	[ʃ]-[k]		
	[ʒ]-[f]		

Legenda:  Nó de ponto de consoante- dorsal

 Nó de ponto de consoante- coronal

 Nó de cavidade oral

 Nó laríngeo

A partir das matrizes de confusão de consoantes, foram elaboradas as tabelas de distância perceptiva entre as consoantes, com base no julgamento perceptivo dos sujeitos da amostra. As distâncias entre as consoantes variam de 0 a 1. Foi utilizada a medida estatística Phi para transformar a matriz de consoantes em uma matriz simétrica, sendo distância 0 a ausência de distância e 1 o máximo possível - 100% da distância. Assim, quanto mais próximo de 0 maior a confusão entre as consoantes e quanto mais próximo de 1 menor a confusão há entre as consoantes ouvidas pelos sujeitos.

Tabela 6 - Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a 0 dB (NS)

Consoantes	Respostas						
	[ʃ]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]
[d]	0.910						
[f]	0.944	0.957					
[ʒ]	0.822	0.827	0.928				
[k]	0.715	0.929	0.941	0.890			
[p]	0.977	0.971	0.229	0.953	0.971		
[t]	0.882	0.850	0.902	0.904	0.874	0.924	
[v]	0.990	1.000	0.883	0.994	0.976	0.906	0.963

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Fonte: Dados da pesquisa

As menores distâncias verificadas entre as consoantes foram entre [f] e [p], com uma distância de 23%, e [ʃ] e [k] que tem uma distância de 71% e entre [ʒ] e [ʃ] com uma distância de 82%. Então, [f] e [p], [ʃ] e [k] se confundem mais entre si do que com as outras consoantes.

Tabela 7 - Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído branco na relação sinal ruído igual a +5dB (NS)

Consoantes	Respostas						
	[j]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]
[d]	0.896						
[f]	0.969	0.948					
[ʒ]	0,749	0.873	0.933				
[k]	0,708	0.944	0.949	0.883			
[p]	0.988	0.973	0,272	0.970	0.971		
[t]	0.877	0.878	0.857	0.891	0.857	0.930	
[v]	0.976	0.946	0.889	0.957	0.963	0.929	0.959

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Fonte: Dados da pesquisa

As menores distâncias encontradas no ruído branco na relação sinal ruído igual a +5dB (NS) foram entre [f] e [p], de 27%, e entre [j] e [k], de 71%, e [j] e [ʒ], de 75%, o que nos revela maior confusão entre essas consoantes.

Tabela 8 - Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a 0dB (NS)

Consoantes	Respostas						
	[j]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]
[d]	0.928						
[f]	0.952	0.806					
[ʒ]	0.773	0.850	0.940				
[k]	0.873	0.726	0.859	0.911			
[p]	0.979	0.741	0,509	0.970	0.907		
[t]	0.977	0,401	0.913	0.968	0.770	0.872	
[v]	0.946	0.802	0,350	0.930	0.834	0.709	0.901

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Fonte: Dados da pesquisa

As menores distâncias verificadas no ruído festa na relação sinal ruído igual a 0dB (NS) foram entre [f] e [p], de 51%, [f] e [v], de 35%, e [t] e [d], de 40%, o que nos revela maior confusão entre essas consoantes.

Observaram-se menores distâncias entre as consoantes quando comparadas com o ruído branco 0dB (NS) (tabela 6).

Tabela 9 - Distância perceptiva entre as consoantes obtidas na tarefa com ruído festa na relação sinal ruído igual a +5dB (NS)

Consoantes	Respostas						
	[ʃ]	[d]	[f]	[ʒ]	[k]	[p]	[t]
[d]	0.947						
[f]	0.993	0.927					
[ʒ]	0.766	0.850	0.956				
[k]	0.848	0.833	0.910	0.888			
[p]	0.987	0.889	0,255	0.967	0.927		
[t]	0.959	0,423	0.838	0.906	0.810	0.814	
[v]	0.955	0.908	0,545	0.974	0.838	0.642	0.765

Legenda: Célula cinza: consoante respondida corretamente como ela mesma

Fonte: Dados da pesquisa

As menores distâncias verificadas nas respostas da tarefa do ruído festa +5dB (NS) também foram entre [f] e [p], de 25% , [f] e [v], de 54%, e [t] e [d], de 42% e [v] e [p] de 64%, o que nos revela maior confusão entre essas consoantes.

Observam-se também menores distâncias entre as consoantes neste ruído quando se compara com o ruído branco +5dB (NS), o que indica maior confusão entre as consoantes no ruído festa.

Não foi possível observar grandes diferenças de tipo de confusão nas duas relações sinal ruído de um mesmo ruído.

Até aqui, abordaram-se os resultados encontrados na matriz de confusão de consoantes e na matriz simétrica de distâncias. A seguir, expõem-se o mapa perceptivo das consoantes e a relação estatística entre as variáveis do estudo (ANOVA). Ambos foram elaborados a partir da matriz simétrica das distâncias.

Para escolher em quantas dimensões seria o escalonamento multidimensional, realizou-se um estudo em torno da medida do estresse, que é a medida de falta de ajuste do modelo (tabela 10). Observa-se que quanto mais próximo do valor zero, melhor é o ajuste do modelo nas dimensões escolhidas. No caso dos dados deste estudo, como observa-se abaixo, a melhor medida

foi em quatro dimensões. A partir daí, elaborou-se o mapa perceptivo, que é a representação multidimensional dos sons da amostra.

Tabela 10 - Medida de estresse nos respectivos ruídos nas variadas dimensões

Dimensão	RBO	RB5	RF0	RF5
2	0,06233	0,06194	0,04196	0,04505
3	0,02224	0,02142	0,01157	0,01005
4	0,00847	0,00844	0,0036	0,00346

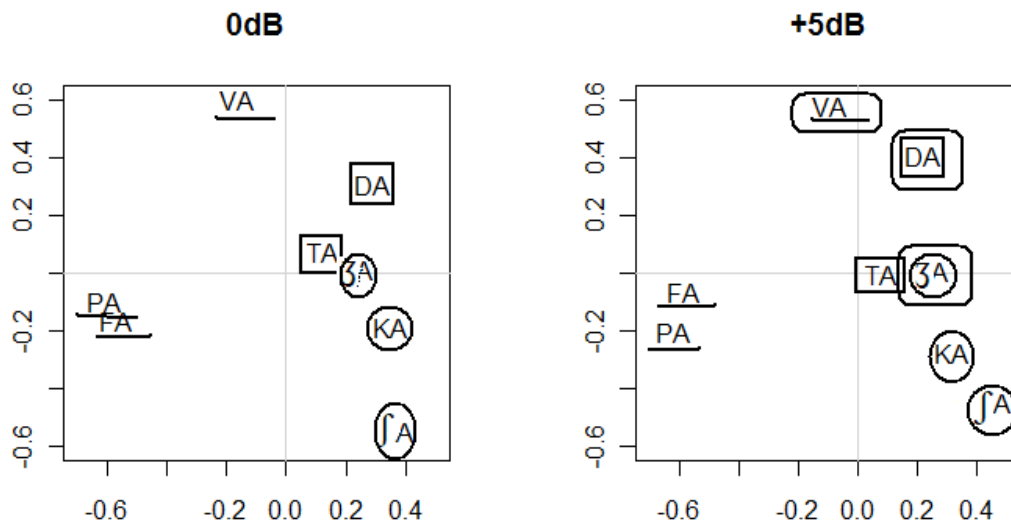
Legenda: RB0- Ruído branco na relação sinal ruído igual a 0

RB5- Ruído branco na relação sinal ruído igual a +5

RF0- Ruído festa na relação sinal ruído igual a 0

RF5- Ruído festa na relação sinal ruído igual a +5

A seguir, mostra-se o mapa perceptivo de cada tipo de ruído em sua relação sinal ruído. Embora o mapa seja uma representação bidimensional, seus dados foram obtidos considerando-se um espaço de quatro dimensões.



Legenda: — - consoantes labiais
 □ - consoantes coronais anteriores
 ○ - consoantes coronais menos anteriores e consoante dorsal
 □ - consoantes Vozeadas

Figura 7 - Mapas perceptivos das consoantes no ruído branco

Na revisão de literatura, há vários estudos que em seus resultados agrupam as consoantes de acordo com suas características comuns.

Neste estudo, no mapa perceptivo que é uma representação em 4 dimensões, as consoantes foram agrupadas de acordo com a disposição no mapa e de acordo com os traços distintivos comuns.

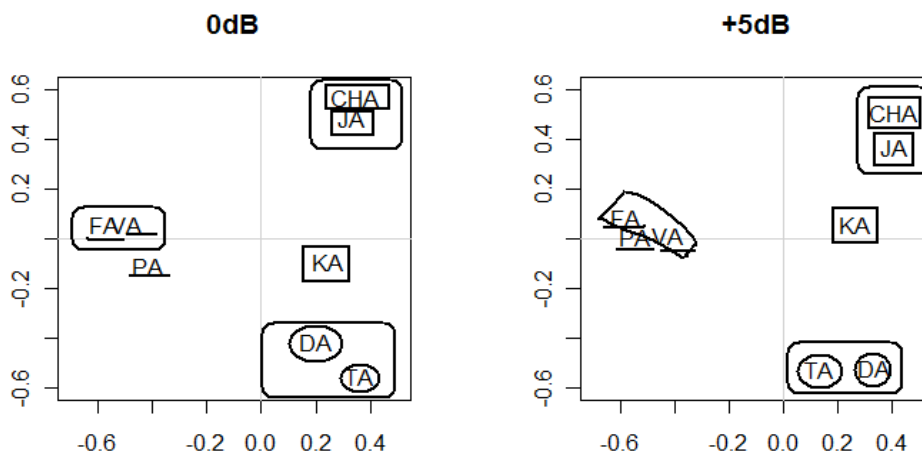
No mapa perceptivo do ruído branco na relação sinal ruído igual a 0dB (NS) (figura 7), observa-se uma divisão em três grupos: 1º consoantes labiais ([pa], [va] e [fa]); 2º consoantes coronais anteriores ([ta] e [da]); e 3º consoantes coronais menos anteriores e consoante dorsal ([fa], [za] e [ka]).

No ruído branco, na relação sinal ruído igual a +5dB (NS), observa-se a divisão em cinco grupos: 1º consoantes labiais ([pa], [va] e [fa]); 2º consoantes coronais anteriores ([ta] e [da]) que são produzidas mais anteriormente na cavidade oral; 3º consoantes coronais menos

anteriores e consoante dorsal ([fa], [za] e [ka]); 4º) consoantes vozeadas ([va], [da] e [za]); 5º) consoantes não vozeadas ([fa], [pa], [ta], [ka], [fa]).

As consoantes mais próximas no mapa são aquelas que mais se confundem. Houve uma expressiva confusão entre o [pa] e o [fa], que compartilham entre si cinco traços distintivos, de acordo com Mota (1996), que são: menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos voz e labial.

No ruído branco na relação sinal ruído igual a 0dB (NS), as consoantes labiais, coronais tanto mais quanto menos anteriores, e a consoante dorsal se confundem mais entre as consoantes na mesma dimensão. E no ruído branco, na relação sinal ruído igual a +5dB (NS), as confusões acontecem mais entre as consoantes do mesmo grupo, podendo ainda ser distinguidas por vozeamento.



Legenda: — - consoantes labiais

□ - consoantes coronais menos anteriores e consoante dorsal

○ - consoantes coronais anteriores

□ - pares mínimos com diferença apenas por vozeamento

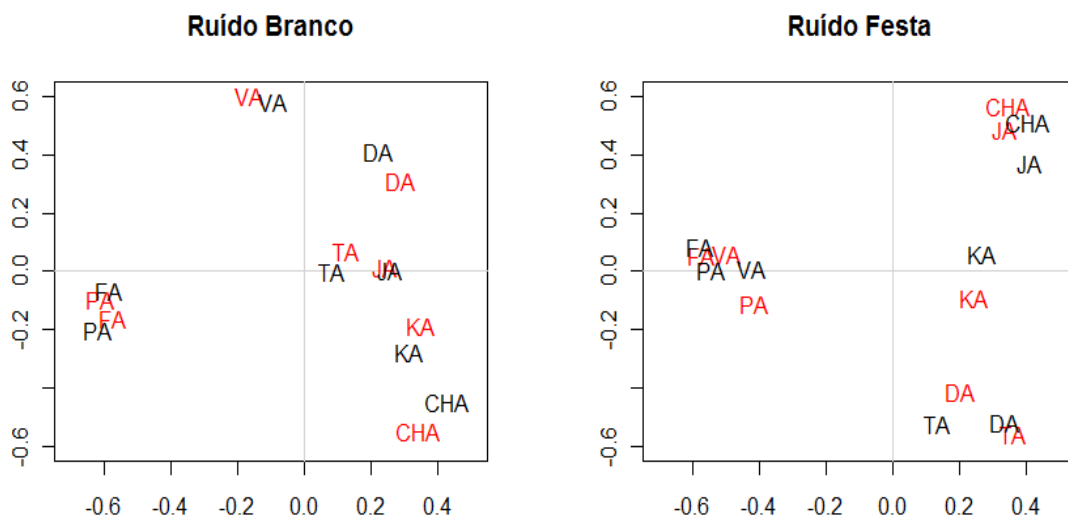
CHA representa [fa]

JA representa [za]

Figura 8 - Mapas perceptivos das consoantes no ruído festa

No ruído festa, na relação sinal ruído igual a 0dB e +5dB (NS) (figura 8), observa-se no mapa perceptivo uma divisão em quatro grupos: 1º) consoantes labiais; 2º) consoantes coronais anteriores; 3º) consoantes coronais menos anteriores e consoante dorsal; e 4º) pares mínimos quanto ao vozeamento.

Observa-se no ruído festa que o vozeamento não foi uma dimensão que sobressaiu para separar os grandes grupos, ao contrário do que ocorreu nas confusões causadas pelo ruído branco +5dB.



Legenda: Consoantes em vermelho- relação sinal ruído igual a 0 dB (NS)

Consoantes em preto- relação sinal ruído igual a + 5 dB (NS)

CHA representa [ʃa]

JA representa [ʒa]

Figura 9 - Mapas Perceptivos comparativo das consoantes no ruído branco e no ruído festa

A figura 9 permite comparar as relações sinal ruído no ruído branco e do ruído festa. Em vermelho está representada a relação sinal ruído igual a 0dB (NS) e em preto a relação sinal ruído igual a +5dB (NS). Nota-se um leve afastamento das consoantes em relação às distâncias na relação sinal ruído igual a +5dB (NS), o que representa menor confusão entre as consoantes.

Por fim, foram comparadas as distâncias em função da quantidade de traços distintivos que compartilham, do tipo de ruído e da relação sinal ruído.

A figura 10 apresenta a distância média entre pares de consoantes em função das variáveis mencionadas.

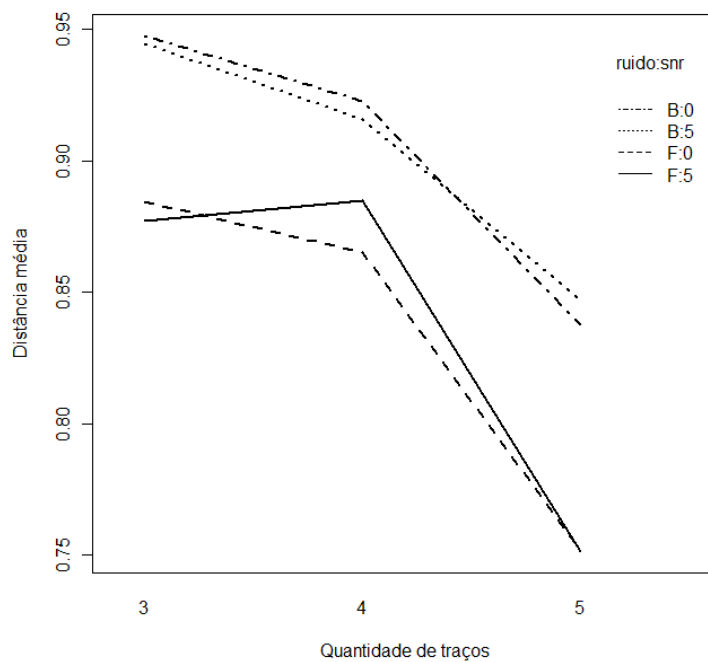


Figura 10 - Relação entre quantidade de traços, distância média, ruído e relação sinal ruído

Tabela 11 – Correlação entre traços distintivos, ruído e relação sinal ruído

	GL	SQ	MQ	F	P
Traços	2	0.28105	0.140524	6.2299	0.002801 **
Ruído	1	0.11571	0.115706	5.1296	0.025635 *
Ruído: Relação Sinal Ruído	2	0.00069	0.000345	0.0153	0.984822
Residual	102	2.30074	0.22556		

Legenda: GL – graus de liberdade ** muito significativa
 SQ – soma dos quadrados * significativa
 MQ – média dos quadrados
 F – valor do teste F de Fisher
 p – probabilidade

Pode-se observar na figura 10 e na tabela 11 que consoantes que compartilham mais traços são perceptivamente menos distantes e a diferença em função da quantidade de traços compartilhados mostrou-se muito significativa ($F_{2,102} = 6,23$; $p = 0,0028$). No ruído branco, as consoantes mostraram-se mais distantes do que no ruído festa, o que mostra que este último produz maior confusão entre as consoantes ($F_{1,102} = 5,13$; $p = 0,026$). Finalmente, não há diferença significativa em função do nível de ruído dentro de cada tipo de ruído ($F_{2,102} = 0,015$; $p = 0,985$). Por esse motivo, a análise foi refeita, excluindo-se o fator “nível de ruído” (Tabela 12).

Tabela 12 - Correlação ruído e traços distintivos

	GL	SQ	MQ	F	P
Ruído	1	0.11571	0.115706	5.2287 0	0.02424 *
Traços	2	0.28105	0.140524	6.3502	0.00250 **
Residual	104	2.30143	0.022129		

Legenda: GL – graus de liberdade ** muito significativa
 SQ – soma dos quadrados * significativa
 MQ – média dos quadrados
 F – valor do teste F de Fisher
 p – probabilidade.

Na tabela 12, observa-se que o tipo de ruído teve interferência significativa na confusão de consoantes e que a quantidade de traços distintivos teve interferência muito significativa na confusão das consoantes.

Tabela 13 – Correlação entre número de traços distintivos e distância perceptiva

	Distância perceptiva	P
3 e 4 traços	0,0162	0.913
3 e 5 traços	0,116	0.014 *
4 e 5 traços	0,10	0,006 **

Legenda: ** muito significativa
* significativa

Finalmente, no teste HSD de Tukey (tabela 13) observou-se que a diferença de distância perceptiva entre os pares de consoantes que compartilham três traços e os pares que compartilham quatro traços (0,0162) não é estatisticamente significativa ($p = 0.913$). São significativas as diferenças de distância perceptiva entre os pares de consoantes que compartilham três traços e os pares que compartilham cinco traços (0,116; $p = 0,014$) e entre os pares de consoantes que compartilham quatro traços e os pares que compartilham cinco traços (0,10; $p = 0,006$). A conclusão aparentemente paradoxal de que a maior diferença é menos significativa deve-se ao fato de que há menos valores de distância perceptiva para os pares que compartilham três traços (cinco pares), enquanto essa quantidade é mais equilibrada para os pares que compartilham quatro (onze pares) e cinco traços (nove pares).

5. DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo são destacados a seguir.

No ruído branco, nas relações sinal ruído igual a 0 e +5dB (NS), foram encontrados em maior número as seguintes confusões: [f] – [p] (se diferenciam pelo traço contínuo), [ʃ] – [k] (se diferenciam em nível mais alto na hierarquia de traços pelo traço contínuo, seguido do traço coronal) e [ʃ] – [ʒ] (se diferenciam pelo traço vozeamento). Assim podem-se observar confusões entre plosivas e fricativas, o que corrobora Bell, Dirks, Carterette (1989), que relata que o ruído afeta altas frequências, provocando confusões nas consoantes fricativas; e Fant, Lindblom e Serpa-Leitão (1966), que relatam que o ruído branco afeta mais a percepção do modo articulatório do que a percepção do ponto articulatório. As confusões [p] – [f] e [ʃ] – [k] revelam também uma diferença de ponto articulatório, o que corrobora Alm, Behne, Wang e Eg (2009), que relatam que a percepção do ponto articulatório é mais prejudicada no ruído branco. A confusão por vozeamento ocorrida em [ʃ]- [ʒ] não concorda com a literatura, em que os autores relatam que o vozeamento e a nasalidade são os traços menos afetados pelo ruído (MILLER e NICELY, 1955; WANG e BILGER, 1973).

No ruído festa, nas relações sinal ruído igual a 0 e +5dB (NS), foram mais encontradas as seguintes confusões: [f] – [p] (que se diferenciam pelo traço contínuo), [v] – [p] (que se diferenciam em nível mais alto na hierarquia de traços pelo vozeamento, seguido do traço contínuo) e [v] – [f] e [t] – [d] (se diferenciam pelo traço de vozeamento). A alta confusão do traço vozeamento no ruído de festa corrobora Phatak e Allen (2007) e Alm, Behne, Wang e Eg (2009), que relatam que o traço vozeamento é mais susceptível ao ruído de festa, causando assim maior confusão neste traço. Esses dados não corroboram Woods, Yund, Herron e Cruadhlaich (2010) e Benkí (2003), que relatam que o traço vozeamento é menos afetado por esse ruído do que os traços de ponto e modo articulatório.

Tanto para ruído branco quanto o ruído festa, a confusão encontrada mais frequentemente foi entre [f] e [p]. Essas consoantes compartilham cinco traços distintivos: menos soante, menos vocoide, menos aproximante, não vozeado e labial. Considerando que o [f] é descrito por seis traços e o [p] também é descrito por seis traços, este par de confusões compartilha um número grande de traços, diferenciando-se apenas pelo traço contínuo, em que [f] é mais contínuo e [p] menos contínuo. Apesar de se diferenciarem pelo modo articulatório, acusticamente estes sons apresentam uma transição comum de F2. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Li, Menon e Allen (2010), Woods, Yund, Herron e Cruadhlaich (2010), que verificaram grandes confusões entre [va] e [ba], que, assim como

a confusão deste estudo ([fa] e [pa]), diferenciam-se por apenas um traço distintivo, segundo Mota (1996), e se diferenciam também pelo ponto articulatorio (ABERCROMBIE, 1967). A evidência de confusão do som [f] concorda com Dubno e Levitt (1981), Phatak e Allen (2007) e Phatak, Yoon, Gooler e Allen (2009), em que [f] aparece dentre as consoantes mais confusas dos estudos na exposição ao ruído.

Os sons menos confusos, tanto no ruído branco quanto no ruído festa, nas duas relações sinal/ruído foram: [k], que se caracteriza pelos traços menos soante, menos vocoide, menos aproximante, menos contínuo, menos vozeado e dorsal, e [ʒ] que se caracteriza pelos seguintes traços: menos soante, menos vocoide, menos aproximante, mais contínuo, mais vozeado e coronal. Esses dados corroboram a literatura, pois, segundo Phatak e Allen (2007) e Phatak, Yoon, Gooler e Allen (2009), esses sons apresentaram melhores escores de reconhecimento quando comparados a outros na exposição ao ruído.

Observou-se um padrão diferente de confusão em relação aos ruídos branco e festa, em que o percentual de erros na maioria dos casos foi maior no ruído festa. Este dado foi observado para a relação sinal/ruído igual a 0 ou a +5dB (NS). Esses dados corroboram os estudos de Caporali e Silva (2004), que relatam maior dificuldade de reconhecimento de fala na presença de ruído de festa, e com o estudo de Phatak e Allen (2007), que observou que o ruído festa mascara diferentemente as consoantes, afetando mais o reconhecimento, enquanto o ruído branco mascara uniformemente as consoantes.

Alm, Behne, Wang e Eg (2009) não corroboram o fato de o ruído de festa interferir mais na percepção das consoantes, uma vez que consideram que há piores respostas no reconhecimento, principalmente do ponto articulatorio, no ruído branco. Essa diferença no reconhecimento das consoantes em relação aos tipos de ruído pode ser explicada pela característica acústica de cada ruído. O ruído branco age mascarando igualmente as frequências. No caso do ruído deste estudo, mascara de 10 a 10.000 Hz (MENEZES E TEIXEIRA, 2005). Já o ruído festa age diferentemente em cada frequência, pois consiste na fala de várias pessoas ao mesmo tempo associadas a uma situação de festa. Segundo a literatura revisada sobre a constituição e função do sistema auditivo, pode-se dizer que, no ruído branco, o sujeito utilizou a capacidade de fechamento auditivo e que, no ruído festa utilizou a capacidade de figura-fundo para a percepção das consoantes. Pode-se inferir que a maior dificuldade de percepção no ruído festa deve ser relacionada à necessidade de maior refinamento das habilidades auditivas, em que o sujeito deveria esquecer o que estava sendo ouvido no ruído para prestar atenção somente às sílabas a serem ouvidas (PEREIRA, 2005).

Quanto à relação sinal ruído, observou-se menor confusão na relação sinal ruído igual a +5dB em comparação a 0dB (NS), mas esta diferença não foi estatisticamente significativa. Os estudos compilados relatam que à medida que a relação sinal ruído fica positiva maiores são os escores de acertos na percepção das consoantes (BELL, DIRKS E CARTERETTE, 1989; LI E LOIZOU, 2008; CHAUDHARI E PANDEY, 1998; BENKÍ, 2003; ALM, BEHNE, WANG E EG, 2009). Entretanto, a diferença de apenas 5dB não foi, neste estudo, suficiente para provocar uma diferença significativa nos escores.

Na construção do mapa perceptivo, utilizou-se da distância entre todas as consoantes. Tanto para o ruído branco quanto para o ruído festa foi possível organizar as consoantes em diferentes grupos. Para os agrupamentos, levaram-se em consideração a distância entre as consoantes e os traços distintivos comuns das consoantes próximas. No ruído branco, observaram-se os grupos de consoantes labiais, consoantes coronais, consoantes coronais menos anteriores e posteriores, consoantes vozeadas e consoantes não vozeadas. No ruído festa, houve o agrupamento em consoantes labiais, consoantes coronais anteriores, consoantes coronais menos anteriores e consoante dorsal e pares mínimos. No ruído festa, o traço vozeamento não foi uma dimensão que separou os grandes grupos. Essa análise por agrupamento das consoantes corrobora a literatura compilada, que realizou o agrupamento das consoantes, em sua maioria, por quantidade de acertos e erros (DUBNO E LEVITT, 1981; WOODS, YUND, HERRON E CRUADHLAOICH, 2010; PHATAK E ALLEN, 2007; PHATAK, YOON, GOOLER E ALLEN, 2009; SOLI, ARABIE E CARROL, 1986; LI, MENON E ALLEN, 2010). Os diferentes agrupamentos em função do tipo de ruído podem ser explicados pelo efeito de cada um em momentos diferentes do processamento auditivo, com o ruído branco mascarando todas as frequências num nível periférico e o ruído de festa, afetando diferentes frequências num nível mais central do sistema.

A diferença observada no desempenho dos sujeitos em relação aos tipos de ruído é difícil de se explicar a partir da geometria de traços (CLEMENTS E HUME, 1995), pois a teoria considera o comportamento dos sons para a organização hierárquica dos traços como universal, independentemente do meio no qual os sons estão inseridos. Uma possível explicação para isso é que a organização hierárquica em traços, como é de ordem fonológica, não é afetada por características acústicas do ruído. Ou seja, confusão de consoantes e hierarquia fonológica são de diferentes ordens. Assim, não se poderia inferir uma da outra.

Quanto aos traços distintivos, observou-se que quanto mais traços distintivos as consoantes compartilham menor a distância entre os sons; ou seja, mais confusos eles são. Isto foi observado parcialmente para os dados do estudo, uma vez que há pares de confusões

que compartilham a mesma quantidade de traços, mas que não apresentam números de confusões tanto grandes quanto outros pares de consoantes.

Considerando os sons que se diferenciam apenas por um traço distintivo (com cinco e seis traços compartilhados), observa-se maior confusão dos traços do nó de ponto de consoante (coronal: [t]-[p], [k]-[t], [f]-[ʃ], dorsal: [k]-[p]), seguidas do nó laríngeo (vozeamento: [f]-[v], [ʃ]-[ʒ], [d]-[t] e nó de cavidade oral (contínuo: [f]-[p], [ʃ]-[t], [d]-[ʒ]). Esses dados corroboram as seguintes previsões da geometria de traços (CLEMENTS E HUME, 1995):

- a) Um maior número de confusões ocorrem na parte inferior da árvore da hierarquia de traços, no Nó de Ponto de Consoante;
- b) Quanto mais traços distintivos as consoantes compartilham, mais confusos eles são.

Ainda sobre as confusões em consoantes que se diferenciam por dois traços, observou-se que confusão afetando o nó de cavidade oral também tende a afetar o nó de ponto de consoante, mais baixo na árvore hierárquica. Esta parece ser a única consequência observável de um nível fonológico mais abstrato sobre a confusão de consoantes, cujo padrão pareceu ser mais determinado pela natureza acústica dos sons avaliados.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que o ruído branco e o ruído de festa afetam diretamente a percepção das consoantes de forma diferente. A geometria de traços não explica totalmente as confusões das consoantes encontradas nos ruídos, mas foi verificada a previsão em alguns pares de consoantes de que quanto mais traços distintivos os pares de consoantes compartilham mais confusos eles são.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERCROMBIE, D **Elements of general phonetics**. Edinburgh: Edinburgh University Press.1967.

ALM, M.; BEHNE, D.M.; WANG, Y.; EG, R. Audio-visual identification of place of articulation and voicing in white and babble noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 126, n. 1, p.377-387. July. 2009.

AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. 2005. **Central Auditory Processing Disorders** [Technical Report]. Disponível em: www.asha.org/policy. Acesso em 20 set. 2010.

BELL, T.S.; DIRKS, D.; CARTERETTE, E.C. Interactive factor in consonant confusion patterns. . **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 85, n. 1, p. 339-346. January. 1989.

BENKÍ, J.R. Analysis of English Nonsense Syllable Recognition in Noise. **Phonetica**. v. 60, p. 129-157. 2003.

BERNSTEIN, J.G.W.; GRANT, K.W. Auditory and auditory-visual intelligibility of speech in fluctuation maskers for normal hearing and hearing-impaired listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v.125, n.5, p.3358-72. May. 2009.

BOATMAN, D. Cortical bases of speech perception: evidence from functional lesion studies. **Cognition**, v. 92, n.1, p. 47-65, mai. 2004.

BREGMAN, A.S. **Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound**. Cambridge: MIT Press, 1994.

CAPORALI, A.S.; SILVA, J.A. Reconhecimento de fala no ruído em jovens e idosos com perda auditiva. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 70, n. 4, p. 525-32. jul/ago. 2004.

CARVALHO, R. M. M. Imitanciometria. In: FERREIRA *et al.* **Tratado de Fonoaudiologia**. São Paulo: Roca, 2005. Cap. 44, p.569-584.

CHAUDHARI, D.S.; PANDEY, P.C. Dichotic presentation of speech signal with critical band filtering for improving speech perception. **Proc of IEEE ICASSP**. v. 6, p. 3601-3604. May. 1998.

CHOMSKY, N.; HALLE, M. **The sound pattern of English**. New York: Harper and Row, 1968.

CLEMENTS, G. N. Feature Organization. In: BROWN, K. (ed.). Versão manuscrita a aparecer em *The Encyclopedia of Language and Linguistics*. Oxford: Elsevier Limited, 2004.

CLEMENTS, G. N. The geometry of phonological features. **Phonology Yearbook**, v.2, p. 225-252, 1985.

CLEMENTS, G.N.; HUME, E. The Internal Organization of Speech Sounds. In: GOLDSMITH, J. (ed.) **Handbook of Phonological Theory**. Oxford: Blackwell, 1995. Cap 7, p. 245-306.

DANTSUJI, M.; DOSHITA, S.; SAGAYAMA, S. An Experimental Study of Distinctive Features Using Speech Recognition Technology. **Studia Phonologica**. XXVII. p. 09-21. 1993.

DAVIES, M.G.; YELLON, L.; PURDY, S.C. Speech-in-noise perception of children using cochlear implants and FM systems. **Aust NZJ Audiol**. v. 23, n.1, p. 52-62. 2001.

DUBNO, J.R.; LEVITT, H. Predicting consonant confusions from acoustic analysis. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 69, n.1, p. 249-261. January. 1981.

FALLON, M.; TREHUB, S.E.; SCHNEIDER, B.A. Childrens perception of speech in multitalker babble. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v.108, n.6, p. 3023-9. 2000.

FANT, G.; LINDBLOM, B.; SERPA-LEITAO, A. Consonant confusions in English and Swedish. A piloty study. **Quarterly Progress and Status Report**. v. 7, n. 4, p.31-34. 1966.

FOGERTY, D.; KEWLEY-PORT, D. Perceptual contributions of the consoant-vowel boundary to sentence intelligibility. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 126, n. 2, p. 847-57. August. 2009.

FROTA, S. Avaliação Básica da Audição. In: FROTA, S. **Fundamentos em Fonoaudiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. Cap. 3, p.41-59.

FROTA, S.; SAMPAIO, F. Logaudiometria. In: FROTA, S. **Fundamentos em Fonoaudiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. Cap. 4, p.61-68.

GORDON-SALANT, S. Recognition of natural and time intensity altered CVs by young and elderly subjects with normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 80, n. 6, p. 1599-1607. December. 1986.

GUYTON, A. C.; HALL, J.E. O sentido da audição. In: _____. **Tratado de Fisiologia Médica**. São Paulo: Sauders Elsevier, 2006. Cap. 52, p. 651-662.

HERNANDORENA, C. L. M. Introdução à teoria fonológica. In.: BISOL, L. (org.). **Introdução a estudos de fonologia do português brasileiro**. 2ª Ed. revista e ampliada. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999.

JAKOBSON, R.; FANT, G.; HALLE, M. **Preliminaries to speech analysis**. Cambridge: MIT Press, 1952.

JENKINS, J. J. The organization and reorganization of categories: the case of speech perception. In: PICK ,H. L., BROOK ,P. V. D. ; KNILL , D. C. **Cognition, conceptual and methodological issues**. Washington: American Psychological Association. 1992. Cap. 2, p. 11-31.

JERGER, J. Clinical experience with impedance audiometry. **Arch Otolaryngol**, v. 92, n. 4, p. 311-324, October. 1970.

LADEFOGED, P. Features and parameters for different purposes. **Working papers in phonetics**. v. 104, p. 1-13. 2005.

LEEJW, J.; MAIR, P. Multidimensional Scaling Using Majorization: SMACOF in R. **Journal of Statistical Software**. v. 31, n.3, p. 1-30. 2009.

LI, N.; LOIZOU, P.C. Factors influencing intelligibility of ideal binary-masked speech: implications for noise reduction. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 123, n. 3, p. 1673-1682. March. 2008.

LI, N.; LOIZOU, P.C. The contribution of obstruente consonants and acoustic landmarks to speech recognition in noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v.124, n. 6, p. 3947-57. December. 2008.

LI, F.; MENON, A; ALLEN, J.B. A psychoacoustic method to find the perceptual cues of stop consonants in natural speech. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 127, n.4, p.2599-610. 2010.

LLOYD, L. L.; KAPLAN, H. **Audiometric interpretation: a manual o basic audiometry**. University Park Press: Baltimore, 1978.

MARKHAM ,D.; HAZAN, V. The effect of talker- and listenerrelated factors on intelligibility for a real-word, open-set perception test. **J Speech Lang Hear Res**. v. 47, n.4, p. 725-37. 2004.

MENEZES, P.L.; TEIXEIRA, C.F. Ruídos. In: MENEZES, P.L.; NETO, S.C.; MOTTA, M.A. *Biofísica da Audição*. Lovise. 2005. Cap.4. p. 73-83.

MILLER, G.A.; NICELY, P.E. Analysis of perceptual confusions among some English consonants. **The Journal of the Acoustical Society of American**. v. 27, n. 2, p. 338-352. March. 1955.

MOTA, H. B. **Aquisição segmental do português: um modelo implicacional de complexidade de traços**. 1996. 221f. Tese (Doutorado em Letras – Área de Concentração – Lingüística Aplicada) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MUSIEK, F.E.; GEURKINK, N.A.; Auditory perceptual problems in children: considerations for the otolaryngologist and audiologist. **Laryngoscope**. v.90, p.962-610. 1980;

NISHI, K.; LEWIS, D.E.; HOOVER, B.M.;CHOI, S.; STELMACHOWICZ, P.G. Children's recognition of American English consonants in noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 127, n.5, p.3177-88. 2010.

NORUÉSIS, M. J. **SPSS advanced statistics 6.1**. Chicago, Ill.: SPSS.1994.

PAULA, A.; OLIVEIRA, J.A.; GODOY, N.M.; CANOVAS, M.B.A. Discriminação de Monossílabos em ambiente silencioso e ambiente ruidoso. **Jornal Brasileiro de Otorrinolaringologia**. v. 66, p. 426-431. 2000.

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

PEREIRA, L.D. Sistema Auditivo e Desenvolvimento das Habilidades Auditivas. In: FERREIRA, L.P. et al. **Tratado de Fonoaudiologia**. São Paulo: Roca, 2005. Cap. 42, p.547-552.

PHATAK, S.A.; ALLEN, J.B. Consonant and vowel confusions in speech-weighted noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 121, n. 4, p. 2312- 2326. April. 2007.

PHATAK, S.A.; YOON, Y.; GOOLER, D.M.; ALLEN, J.B. Consonant recognition loss in hearing impaired listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 126, n. 5, p. 2683-2694. November. 2009.

PHILIPS, D.P. Central auditory processing: a view from auditory neuroscience. **Am J Otology**. v.16, p.338-52. 1995.

PISONI, D.B.; LUCE, P. A. Acoustical-phonetic representations in Word recognition. In: FRAUENFELDER, U.; TYLER, L. (Org). **Spoken Word Recognition**. Cambridge: MIT Press, 1987. Cap 2, p. 21-52.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**.Vienna, Austria. 2011.

REDFORD, M. A.; DIEHL, R. L. The relative perceptual distinctiveness of initial and final consonants in CC syllables. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 106, n. 3, p. 1555-1565. September. 1999.

SANTOS ,M.F.C.; PEREIRA, L.D. Escuta com dígitos. In: PEREIRA, L.D.; SCHOCHAT, E. **Processamento auditivo central: manual de avaliação**. São Paulo: Lovise. 1997. p. 147-9.

SCHOCHAT, E.; PEREIRA, L.D. Fala com ruído. In: Pereira LD, Schochat E. **Processamento auditivo central: manual de avaliação**. São Paulo: Lovise, 1997.

SOLI, S.D.; ARABIE, P.; CARROLL, J.D. Discrete representation of perceptual structure underlying consonant confusion. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 79, n. 3, p. 826-837. March. 1986.

TASELL, D.J.V.; SOLI, S.D.; KIRBY, V.M.; WINDIN, G.P. Speech waveform envelope cues for consonant recognition. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 82, n.4, p. 1152-1161. October. 1987.

WANG, M.D.; BILGER, R.C. Consonant Confusion in Noise: a study of perceptual features. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v. 54, n. 5, p. 1248-1266. 1973.

WIGHTMAN, F.L.; KISTLER, D. Information masking of speech in children: Effects of ipsilateral and contralateral distracters. **The Journal of the Acoustical Society of America**. v.118, n. 5, p. 3164-88. February. 2005.

WOODS, D.L.; YUND, E.W.; HERRON, T.J.; CRUADHLAOICH, M.A.I.U. Consonant identification in consonant-vowel-consonant syllables in speech-spectrum noise. v. 127, n.3, p.1609-23. 2010.

GLOSSÁRIO

- *COCKTAIL PARTY SPEECH*: espectro de fala associado ao ruído de uma situação de festa.
- DECIBEL NÍVEL DE AUDIÇÃO (dB NA): determinado com base no valor mínimo audível na frequência de 1000 Hz, 20 μ Pa, que corresponde a zero dB NA.
- DECIBEL NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (dB NPS ou dB SPL): equivale à menor pressão sonora audível, isto é, 20 μ Pa, que corresponde à menor intensidade de energia audível (10-16 watt/cm²).
- DECIBEL NÍVEL DE SENSAÇÃO (dB NS): valor subjetivo, que depende do limiar de audibilidade de cada pessoa, correspondendo à diferença entre o nível mínimo de intensidade audível e o nível de intensidade do estímulo acústico apresentado.
- DICÓTICA: forma de apresentação em que estímulos sonoros distintos são apresentados simultaneamente, um em cada orelha.
- DIÓTICA: condição do teste audiológico de apresentação de um ou mais estímulos acústicos às duas orelhas, simultaneamente.
- FECHAMENTO AUDITIVO: compreende a habilidade auditiva de identificação de sons verbais acusticamente degradados.
- FIGURA-FUNDO: compreende a habilidade auditiva de identificação de sons na presença de outros sons da natureza
- LIMIAR DE AUDIBILIDADE: intensidade sonora em que o sujeito detecta a presença de som em 50% das apresentações de estímulo acústico.
- MEATO ACÚSTICO EXTERNO: parte constituinte da orelha externa que comunica o meio externo e a orelha média, conduzindo o som até a membrana timpânica.
- MONOAURAL: condição do teste auditivo em que um ou mais estímulos sonoros são recebidos em uma orelha apenas.
- MONÓTICA: forma de apresentação de dois ou mais estímulos acústicos em uma orelha por vez.
- PERCEPÇÃO DE FALA: A percepção da fala, é um sistema de processamento multicomponencial que se conecta às análises acústicas realizadas na periferia auditiva e inclui a decodificação e o potencial de recodificação da informação auditiva. Esse

sistema permite à informação o acesso a sistemas de linguagem de alto nível, incluindo a informação léxico-semântica.

- **ORELHA INTERNA:** formada por cavidades dentro do osso temporal, que constituem a cóclea, vestíbulo e canais semicirculares, com funções relacionadas ao sentido da audição e do equilíbrio.
- **ORELHA MÉDIA:** estrutura da orelha que transmite as ondas sonoras do meio aéreo da orelha externa para o meio líquido da orelha interna; e é formada pela membrana timpânica, cadeia ossicular e tuba auditiva.
- **RECONHECIMENTO:** identificação correta de um estímulo sensorial por meio de conhecimento previamente adquirido;
- **REFLEXO ACÚSTICO CONTRALATERAL:** reflexo desencadeado pela contração do músculo estapédio de uma orelha diante de estímulos sonoros intensos apresentados à orelha oposta de um indivíduo.
- **RUÍDO BRANCO:** sinal acústico aperiódico, que contém energia nas frequências de 100 Hz a 10000 Hz, com área mais efetiva até 6000 Hz.
- **RUÍDO FESTA:** consiste na fala de várias pessoas ao mesmo tempo associadas a uma situação de festa

ANEXO 1

