

FERNANDO AUGUSTO PACÍFICO

**EFEITO DA IDADE NO PROCESSAMENTO TEMPORAL
AUDITIVO: BENEFÍCIO DA MODULAÇÃO DO
MASCARAMENTO E COMPRESSÃO TEMPORAL DA FALA**

RECIFE

2018

FERNANDO AUGUSTO PACÍFICO

**EFEITO DA IDADE NO PROCESSAMENTO TEMPORAL
AUDITIVO: BENEFÍCIO DA MODULAÇÃO DO
MASCARAMENTO E COMPRESSÃO TEMPORAL DA FALA**

Tese a ser entregue aos membros da banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, Área de concentração: Neurociências, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Profa. Dra. Maria Lúcia Gurgel da Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Silvana Maria Sobral Griz

RECIFE

2018

Catálogo na fonte:
bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4:1895

P117e Pacífico, Fernando Augusto.
Efeito da idade no processamento temporal auditivo: benefício da modulação do mascaramento e compressão temporal da fala / Fernando Augusto Pacífico. – Recife: o autor, 2018.
126 f.; il.; 30 cm.

Orientadora: Maria Lúcia Gurgel da Costa.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Audição. 2. Percepção da fala. 3. Ruído. 4. Efeito idade. Costa, Maria Lúcia Gurgel da (orientadora). II. Título.

616.8 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2018 - 182)

FERNANDO AUGUSTO PACÍFICO

**EFEITO DA IDADE NO PROCESSAMENTO TEMPORAL AUDITIVO:
BENEFÍCIO DA MODULAÇÃO DO MASCARAMENTO E COMPRESSÃO
TEMPORAL DA FALA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Neurociências.

Aprovada em: 22/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Profª Dra. Denise Costa de Menezes
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª. Cleide Fernandes Teixeira
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Dra. Karina Paes Advícula
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Gilberto Cunha de Sousa Filho
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Marcelo Moraes Valença
(Presidente da Banca)
Universidade Federal de Pernambuco

A **Zelândia** e a **Sérgio**, a quem devo minha existência, e
a **Alice** e **Valetina**, a quem dedicarei minha existência.

Alfa e Ômega.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, inteligência suprema e causa primeira de todas as coisas.

A **Alice Oliveira Pacífico** e a **Valentina Oliveira Pacífico**, bênçãos que os céus me reservaram ao coração. Serão meu amanhecer e meu anoitecer. Empregarei todas minhas forças em desenvolver vossas faculdades intelectuais e morais.

A minha mãe, **Zelândia Maria de Souza Leandro Pacífico**, que abdicando de todo ato egoístico, optou por empregar todas suas forças durante sua existência em prol da felicidade daqueles que a vida enviou aos seus cuidados. Serei eternamente grato por cada segundo que me dedicaste e espero um dia conseguir retribuir todo seu amor. És o maior exemplo de renúncia que presenciei nesta existência.

Ao meu pai, **Sérgio Félix Pacífico**, que em pouco tendo, tudo me forneceu dentro de suas limitações. Ensinou-me que o trabalho é a escada divina de acesso aos lauréis imarcescíveis do Espírito. Espero um dia também poder retribuir tamanha dedicação e renúncia.

Ao meu irmão, **Sérgio Félix Pacífico Júnior**, que tanto tem me ensinado nesta existência. Tens me ensinado a ser paciente, me revelado o sentido da perseverança e da força de vontade e acima de tudo a amar. Muito obrigado por tudo. Tmj! Osu!

A minha amada esposa **Bárbara Soledá Gonçalves de Oliveira Pacífico**, anjo iluminado que a misericórdia divina enviou para amparar-me. Você representa para mim um presente concedido diretamente da divindade. Tenho a convicção de haurir em sua convivência um salutar estímulo às minhas energias morais.

A minha orientadora Profa. Dra. **Maria Lúcia Gurgel da Costa**, por ter me acolhido em mais uma jornada. Com sua invejável polivalência que sempre admirei, me ensinou que para a ciência não existe fronteiras. Obrigado por toda compreensão.

A minha coorientadora Profa. Dra. **Silvana Maria Sobral Griz** por sua contribuição imensurável e inesquecível em minha vida acadêmica e científica. Sempre serás meu espelho no ensino, na pesquisa e principalmente exemplo de perseverança diante das adversidades da vida. Que esse fôlego leonino que reside em teu coração continue a rugir para todos aqueles que necessitam. Obrigado por todo seu auxílio. Obrigado Sil.

A Profa. Dra. **Denise Costas Menezes** por sempre tornar o que é complexo em algo compreensível. Posso lhe definir como a mão amiga que sempre esta disposta a auxiliar aquele que precisa. Agradeço de coração todo esforço e comprometimento empregado em todas as etapas da pesquisa. Sem dúvidas alguma, sem sua intervenção seria impossível concluir este estudo. Muito obrigado mesmo Denis.

A Profa. **Karina Paes Advíncula**, por partilhar todos os momentos desta pesquisa. Sua prontidão em auxiliar em todas as necessidades que surgiam foi para mim um

exemplo de servidão. Suas colaborações na captação dos sujeitos, seu auxílio na coleta dos dados, suas sugestões, e principalmente nossas discussões foram cruciais em todas as etapas desta pesquisa. Agradeço por tudo. Muito obrigado Karis.

A **Dr. John H. Grose** um dos maiores pesquisadores que tive a honra de conhecer. Aos meus olhos um modelo de comprometimento, ética e solidariedade. Alicerce principal da pesquisa, sem sua colaboração nada seria possível. Obrigado pelas ideias, sugestões, discussões, enfim, por todo tempo empregado em nossas orientações. Considero seu auxílio um ato devocional na tentativa de melhorar a qualidade da pesquisa em países emergentes, e consecutivamente tornar o mundo menos desigual.

Ao nosso **Grupo de Pesquisa em Audiologia** pela brilhante parceria construída. Difícil seria explicar em palavras as dificuldades que enfrentamos, no entanto, foram estas que nos tornaram fortes e resilientes. Para mim foi um orgulho ter partilhado cada momento ao lado vocês.

Ao Prof. Dr. **Gilberto Cunha de Sousa Filho** que desde a graduação me apoia, me direciona e me incentiva a continuar nessa longa jornada em busca da concretização dos meus sonhos. Obrigado por sua parceria!

Ao aluno **Sidcley Arruda** por todo seu empenho na captação dos participantes. Não poderia de forma alguma faltar este agradecimento. Sua contribuição foi crucial e

decisiva na coleta dos dados. Com toda certeza sua ajuda tornou a pesquisa muito mais branda e suave. Muito obrigado por todo seu auxílio.

Aos **participantes** da pesquisa que pela paciência e vontade de ajudar, tanto contribuíram para o conhecimento científico. Sem vocês não haveria ciência.

Ao **National Institute of Health** pelo financiamento de nossa pesquisa, que possibilitou a aquisição dos equipamentos, tornando nosso laboratório uma dos mais bem equipados do país.

A construção de uma bela obra requer obrigatoriamente momentos de descontração. Agradeço aos meus amigos **Aníbal Pereira, Bruno Itapá, Bruno Matos, Camille Siqueira, Cláudio Marcondes, Daniel Tabosa, Eduardo Melo, Isis Albuquerque, Nelson Neto, Renato Vilela, Shayna Rodrigues, Thales Lima, Willian Olivares** e tantos outros que acompanharam minha história desde muito antes dela se concretizar. Obrigado por compreender minha ausência e por tornar meus momentos de lazer mais felizes.

Aos colegas de trabalho **Alexsandre Cavalcante, Bruno Pereira, Conceição Matoso, Lucas Aragão, Marilene Costa, João Queiroz** e demais colegas que me acompanharam, compreenderam minhas dificuldades e que acima de tudo sempre me incentivaram nesta importante etapa de minha vida. Agradeço a todos por tornar meus dias melhores.

“As descobertas que a Ciência realiza, longe de o rebaixarem,
glorificam a Deus; unicamente destroem o que os homens
edificaram sobre as falsas idéias que formaram de Deus”

Allan Kardec

RESUMO

O processamento dos aspectos temporais da audição tende a diminuir com o avanço da idade. Um destes aspectos é o benefício da modulação do mascaramento que se apresenta reduzido na população idosa quando comparada a população adulta. Uma variedade de fatores, não mutuamente exclusivos, vem sendo examinados como um fator crucial para o reduzido BMM, tais como a audibilidade, o aumento do pós-mascaramento e a redução da redundância de fala. O objetivo da pesquisa foi investigar o efeito da idade no benefício da modulação do mascaramento (BMM) em função da redundância do material de fala. Os participantes eram adultos com audição normal, falantes nativos do português brasileiro. O material de teste foi o *Hearing in Noise Test* (HINT) versão Português do Brasil. Para o primeiro experimento foram mensurados os limiares de reconhecimento de fala em função de três níveis de compressão da fala em tempo (0%, 33% e 55%) em presença de ruído estável e modulado em diferentes taxas de modulação do ruído (4 Hz, 10 Hz e 32 Hz) em adultos jovens. Para o segundo experimento foram mensurados os limiares de reconhecimento de fala em função da compressão da fala em tempo (0%, 33% e 55%), em presença de ruído estável e modulada 10 Hz para as diferentes faixas etárias. Para a análise estatística foi utilizado o software SPSS. A pesquisa foi aprovada pelo CEP sob o número 233/2012. Os principais resultados do primeiro experimento revelaram um efeito significativo do tipo de ruído mascarante ($F[1,81] = 350,290$; $p < 0,001$); um efeito significativo do nível de compressão temporal da fala (CTF) ($F[2,81] = 457,838$; $p < 0,001$); uma interação significativa entre o tipo de ruído mascarante e o nível de compressão temporal da fala (CTF) ($F[2,81] = 34,485$; $p < 0,001$). As magnitudes do benefício do mascaramento modulado foram submetidas a uma análise de variância

(ANOVA), revelando um efeito principal significativo do nível de CTF ($F[2,81] = 34.485$; $p < 0,001$). Para o segundo experimento, os principais resultados revelaram um efeito significativo da idade ($F[2,81] = 40.579$; $p < 0,001$); um efeito significativo do tipo de mascaramento ($F[1,81] = 310.433$; $p < 0,001$); efeito significativo do nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala ($F[2,81] = 216.534$; $p < 0,001$); uma interação significativa entre o tipo de mascaramento e a idade ($F[2,53] = 5,776$; $p < 0,005$) e uma interação significativa entre o tipo de mascaramento e o nível de compressão temporal da fala ($F[2,81] = 22.568$; $p < 0,001$). As magnitudes do benefício da modulação do mascaramento também foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA). A análise revelou um efeito principal significativo da idade ($F[2,81] = 4.912$; $p < 0,01$); um efeito significativo do nível de compressão temporal da fala ($F[2,81] = 22.709$; $p = 0,01$). O presente estudo concluiu que idosos com a audição normal exibiram um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos ouvintes mais jovens e, em especial, para a fala menos redundante.

Palavras-chave: Audição. Percepção da Fala. Ruído. Efeito Idade

ABSTRACT

The processing of the temporal aspects of hearing tends to decrease with advancing age. One of the most effective modulation masking is reduced in the elderly population when compared to the adult population. A variety of factors, not mutually exclusive, have been examined as a crucial factor for reduced BMB, such as audibility, increased post-masking, and reduced speech redundancy. The purpose was to investigate the effect of age without the benefit of masking modulation (BMM) due to the redundancy of the speech material. Participants were normal-hearing adults who were native speakers of Brazilian Portuguese. The test material was the Brazilian-Portuguese HINT. For the first experiment were measured speech recognition thresholds as a function of time-compression of the speech (0, 33, and 50%) in the presence of steady and modulated noise at different modulation rate (0, 4, 10 and 32 Hz) in young adults. For the second experiment were measured speech recognition thresholds as a function of time-compression of the speech (0, 33, and 50%) in the presence of steady and modulated noise at 10 Hz for different age groups. SPSS software was used for statistical analysis. The research was done by the CEP under the number 233/2012. The main results of the first experiment indicated a significant effect of masker type ($F [1,81] = 350,290; p < 0.001$); a significant effect of TC level ($F[2,81] = 457,838; p < 0,001$); a significant interaction between these factors ($F[2,81] = 34,485; p < 0,001$). The masking release magnitudes were submitted to an analysis of variance (ANOVA), indicating a significant effect of TC level ($F [2.81] = 34.485, p < 0.001$). For the second experiment, the main results indicated a significant effect of age ($F [2.81] = 40.579; p < 0.001$); a significant effect of masker type ($F [1,81] = 310,433; p < 0.001$); a significant effect of TC level on speech recognition thresholds ($F[2,81] = 216.534; p < 0,001$); a significant interaction between

masker type and age ($F[2,53] = 5,776; p < 0,005$); and a significant interaction between masker type and TC level ($F [2,81] = 22,568, p < 0.001$). The modulation masking release magnitudes were submitted to an analysis of variance (ANOVA). The analysis indicated a significant effect of age ($F [2.81] = 4.912, p < 0.01$); a significant effect of TC level ($F [2,81] = 22,709; p = 0,01$). The present study concluded that older people with normal hearing had a lower modulation masking release than younger listeners and especially less redundant speech.

Keywords: Hearing. Perception of speech. Noise. Age Effect

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Artigo Original 1

Figura 1. Limiares de reconhecimento de fala nas diferentes taxas de modulação do mascaramento.....69

Artigo Original 2

Figura 1. Limiares de reconhecimento de fala nas diferentes faixas etárias são plotados para cada nível de compressão do temporal da fala.....93

LISTA DE TABELAS

Artigo Original 1

Tabela 1. Média dos limiares de reconhecimento de fala (dB NPS) na presença de ruído estável e modulado, e BMM (dB) para cada um dos três níveis de compressão temporal da fala e para cada uma das três taxas de modulação do ruído mascarante. Desvios-padrão entre parênteses.....70

Artigo Original 2

Tabela 1. Média dos limiares de reconhecimento de fala (dB NPS) na presença de ruído estável e modulado, e BMM (dB) para cada um dos três níveis de compressão temporal da fala em cada faixa etária. Desvios-padrão entre parênteses.....95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMM	Benefício da Modulação do Mascaramento
dB	Decibel
dB NA	Decibel Nivel de Audição
dB NPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
CTF	Compressão Temporal da Fala
HEI	<i>House Ear Institute</i>
HINT	<i>Hearing in Noise Test</i>
Hz	Hertz
MMR	Modulation Masking Release
NIH	National Institute of Health
RFR	Relação fala-ruído
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UNC-CH	Universidade da Carolina do Norte - Chapel Hill
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1	Teste de Fala no Ruído	26
2.2	Audição do Idoso	31
2.3	Benefício da Modulação do Mascaramento.....	35
2.4	Compressão Temporal da Fala	39
3	MÉTODO	45
4	RESULTADOS	54
4.1	Artigo Original 1: Redução do Benefício da Modulação do Mascaramento em Função da Compressão Temporal da Fala submetido ao periódico <i>Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology</i>	55
4.2	Artigo Original 2: Efeito da idade no Processamento do Mascaramento Temporal: Benefício da modulação do mascaramento e Compressão Temporal da Fala, a ser submetido ao periódico <i>International Journal of Audiology</i>	82
5	CONCLUSÕES	107
	REFERÊNCIAS.....	108
	APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	120
	ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética Nacional	121
	ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética Americano	122
	ANEXO C – Normas do Periódico International Journal Of Audiology.....	123

1 APRESENTAÇÃO

Nas ciências naturais o tempo é a grandeza física diretamente associada ao correto sequenciamento, mediante ordem de ocorrência, dos eventos naturais. Para o sistema auditivo essa grandeza se torna um aspecto de grande relevância, uma vez que os sons variam ao longo do tempo.

O processamento do estímulo sonoro ao longo do tempo (processamento auditivo temporal) é fundamental para a compreensão da fala em ambientes silenciosos e em ambientes ruidoso e/ou reverberantes, visto que os estímulos de fala e outros sons ambientais variam com o tempo e de acordo com suas características (KOCHKIN, 2007).

O processamento auditivo temporal refere-se à percepção das características temporais de um som ou de suas alterações dentro de um intervalo de tempo (MUSIEK et al, 2005). Há quatro aspectos que são fundamentais para o processamento auditivo temporal: ordenação temporal, resolução temporal, mascaramento temporal e integração temporal. Atualmente no Brasil, são utilizados clinicamente apenas testes para avaliar a ordenação temporal e a resolução temporal, no entanto, alguns estudos vêm desenvolvendo e/ou adaptando testes para a avaliação do mascaramento temporal auditivo e da integração temporal auditiva (FILIPPINI; SCHOCHAT, 2014).

Para entender especificamente o mascaramento temporal faz-se necessário perceber sua participação no mascaramento auditivo. O mascaramento simultâneo (*simultaneous masking*) ocorre quando um estímulo sonoro torna inaudível outros sons que estão presentes no mesmo momento do estímulo (MOORE, 2004).

O mascaramento temporal (*temporal masking*) ou não simultâneo (*nonsimultaneous masking*) ocorre quando um estímulo sonoro súbito torna inaudível outros sons que estão presentes imediatamente antes ou após o estímulo (GELFAND, 2010).

O mascaramento que torna inaudível um som imediatamente anterior ao mascaramento é chamado de pré-mascaramento (*backward masking or pre-masking*) e o mascaramento que torna inaudível um som imediatamente após o mascaramento é chamado de pós-mascaramento (*forward masking or post-masking*) (DIRKS; BOWER, 1970; GELFAND, 2010).

Para o mascaramento simultâneo é necessário uma boa resolução espectral, isto é, uma boa capacidade de perceber e separar a frequência alvo em meio à frequência do estímulo mascarador, enquanto que para o mascaramento não simultâneo é necessário uma boa resolução temporal, isto é, a capacidade de perceber o intervalo de tempo entre a apresentação do estímulo alvo e do estímulo mascarador, identificando-os como dois estímulos separados (HARTLEY et al, 2000).

A presença da perda auditiva entre muitos idosos impõe uma dificuldade adicional no reconhecimento de fala que é evidente no silêncio, no ruído e na maioria das formas degradadas da fala. Apesar disso, há evidência de que a deterioração relacionada com a idade no desempenho do reconhecimento de fala ultrapassa o que pode ser atribuído exclusivamente a perda auditiva. Alguns fatores relacionados ao estímulo acústico e a tarefa auditiva parecem contribuir para este déficit no reconhecimento de fala relacionada à idade, tais como a quantidade de distorções do estímulo, o tamanho da tarefa de recordação e da disponibilidade de

pistas contextuais, como pode ser observado em algumas pesquisas ([GORDON-SALANT, 2004](#)).

Presumivelmente, outros fatores, como a resolução temporal ou demandas cognitivas também podem desempenhar um papel significativo ([GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1993](#); [GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1997](#)).

As habilidades de processamento temporal auditivo tendem a diminuir com o avanço da idade, independentemente da perda auditiva ([GORDON-SALANT, 2006](#)). Embora esta afirmativa tenha encontrado respaldo científico para muitos aspectos do processamento temporal, existem algumas divergências no que diz respeito ao processamento dos envelopes temporais do som.

No que diz respeito a seus aspectos temporais o som pode ser dividido em dois componentes principais: o envelope temporal e a estrutura fina temporal. O envelope temporal é caracterizado pela variação lenta na amplitude do sinal de fala ao longo do tempo, enquanto a estrutura fina temporal são as rápidas oscilações com taxa próxima à frequência central do espectro ([GROSE et al, 2009](#); [MOON; HONG, 2014](#)).

Alguns estudos sugerem que idosos não apresentam déficits no processamento do envelope temporal ([PETERS; HALL 1994](#); [TAKAHASHI; BACON, 1992](#)). Em contrapartida, em termos de reconhecimento de fala na presença de ruído modulado, alguns estudos têm demonstrado reduções relacionadas à idade no benefício da modulação do mascaramento ([DUBNO et al, 2003](#); [GEORGE et al, 2007](#); [GIFFORD et al, 2007](#)).

O benefício da modulação do mascaramento (BMM), conhecido na literatura internacional como *modulation masking release* (MMR), refere-se a melhora

substancial que ocorre no desempenho do reconhecimento de fala na presença de um ruído modulado quando comparado ao desempenho do reconhecimento de fala na presença de um ruído estável apresentado na mesma relação sinal ruído (MILLER; LICKLIDER, 1950; FESTEN; PLOMP, 1990; TAKAHASHI, BACON, 1992; ADVÍNCULA et al, 2013; GROSE et al, 2015).

Acredita-se que o BMM possa ser explicado pelo aproveitamento dos momentos de redução dos níveis de mascaramento (momentos de mínima intensidade do ruído modulado), proporcionando ao ouvinte breves “vislumbres” da informação de fala, e conseqüente relação fala-ruído (RFR) mais favorável (MILLER; LICKLIDER, 1950; DIRKS; BOWER, 1970; HOWARD-JONES; ROSEN, 1993).

O sistema auditivo do ouvinte “segue” temporalmente o envelope do ruído mascarante, isto é, nos momentos em que a RFR é menos favorável (quando o ruído está modulado em sua máxima) e, nos momentos em que a RFR é mais favorável (quando o ruído está modulado em sua mínima). A capacidade de se beneficiar da modulação do ruído depende, em parte, da fidelidade com que o envelope do ruído mascarante é codificado pelo sistema auditivo (GROSE et al, 2009).

Uma variedade de fatores relacionados ao ruído mascarante e ao material de fala podem alterar a magnitude do BMM, que é dependente de várias características do ruído modulado, como a intensidade do ruído, a taxa de interrupção, a razão cíclica e a profundidade da modulação (DESLOGE et al, 2010).

Em especial, quanto à taxa de modulação do ruído mascarante, tem-se observado um efeito significativo desta na magnitude do BMM. Maiores magnitudes do BMM têm sido relatadas para taxas de modulação mais lentas, em torno de 10

Hz ou inferiores (MILLER; LICKLIDER, 1950; ADVÍNCULA et al, 2013; HOWARD-JONES; ROSEN 1993; BACON et al, 1998).

As menores taxas de modulação do ruído mascarante, caracterizam-se por conter maior espaço de tempo com menor amplitude do ruído modulado (modulações mínimas), quando comparadas às taxas de modulação do ruído mascarante mais altas. Isso possibilita mais tempo para a percepção da fala alvo (maior espaço de tempo para os vislumbres), contribuindo para um melhor reconhecimento da fala (DIRKS; BOWER 1970; GELFAND, 2010; BUSS et al, 2009).

É esperado que o BMM diminua à medida que a taxa de modulação aumente acima de uma determinada frequência, referida como região de melhor sensibilidade da modulação (GROSE et al, 2009). Para o ruído de banda larga, esta frequência é em torno de 50 Hz (VIEMEISTER, 1979).

Advíncula e colaboradores (2013) mensuraram o reconhecimento de sentenças em diferentes taxas de modulação do ruído mascarante e constataram que a magnitude do BMM para fala não se diferenciava entre as taxas de modulação em amplitude do ruído mascarante de 4, 8, 16 e 32 Hz. No entanto, quando a taxa de modulação era elevada a 64 Hz, a magnitude do BMM reduzia.

Em outro estudo, Dubno e colaboradores (2003), verificaram que o BMM para fala permaneceu constante para as frequências de modulação do ruído mascarante entre as taxas de 2 Hz, 10 Hz e 25 Hz, no entanto, reduziu quando utilizado uma taxa de modulação do ruído mascarante de 50 Hz.

Apesar deste achados, não foram encontrados estudos que verifiquem se existe a diferença na magnitude do BMM entre as taxas de modulação do ruído

mascarante mais lentas, com a adição de algum fator, tal como da redundância de fala.

Retornando a questão do reduzido BMM apresentado por idosos, alguns estudos têm destacado os limiares auditivos como um fator crucial para o reduzido BMM (TAKAHASHI; BACON, 1992; DESLOGE et al, 2010), enquanto outros pesquisadores tem levantado a possibilidade da redução da redundância de fala (GROSE et al, 2009).

A redundância de fala como fator que influencia a redução do BMM na população idosa se baseia na dispersão das pistas de fala disponíveis, uma vez que estas se tornam restritas na presença ruído modulado devido às limitadas “janelas” durante as quais a fala pode ser vislumbrada (MILLER; LICKLIDER, 1950; BUSS et al, 2004; COOKE, 2006). Desta forma, restringindo-se as pistas de fala, pode-se considerar que há uma redução na redundância de fala.

Se a redução da redundância de fala afeta ouvintes idosos mais do que ouvintes mais jovens, um prejuízo no BMM será observado (GROSE et al, 2009). Com isso, o benefício da modulação do mascaramento deve ser sensível à redundância de fala.

Essa informação configura a proposta do segundo experimento que é investigar o efeito da idade no BMM em função da redundância do material de fala. O objetivo do experimento principal foi testar a hipótese de que idosos com audição normal exibem um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos ouvintes mais jovens e, em especial, para a fala menos redundante.

No entanto, antes de testar esta hipótese no experimento principal (Experimento II), uma experiência preliminar foi realizada para verificar se existe

diferença na redução da magnitude do benefício da modulação do mascaramento entre as taxas de modulação do mascaramento em função da redução da redundância da fala.

Os desafios de comunicação apresentados pela perda auditiva relacionada à idade são, portanto, generalizadas e significativas. No entanto, o problema da perda de audição relacionada com a idade também é insidioso porque déficits auditivos tendem a desenvolver lentamente ao longo do tempo e os déficits incrementais são muitas vezes parcialmente compensados por estratégias cognitivas. Há uma necessidade premente de compreender as bases de perda auditiva relacionada à idade, bem como do processamento auditivo, para que as estratégias de prevenção e intervenção possam ser desenvolvidas.

Este trabalho de investigação contribui para uma melhor compreensão das características do processamento temporal auditivo senescente, concentrando-se em um aspecto de declínio da audição relacionado a idade: a maior dificuldade que idosos apresentam em reconhecer a fala em presença de ruído modulado quando comparado ao ruído estável e, em especial, para a fala de baixa redundância. O déficit na qualidade de vida por uma comunicação comprometida, associada à perda auditiva decorrente de uma idade avançada, seja ela de origem periférica ou central, possui amplas repercussões na vida psicossocial do indivíduo.

Em resumo, a proposta deste estudo foi estudar se o processamento do mascaramento temporal é degradado em idosos com audição normal. Dois experimentos foram realizados. O primeiro investigou a magnitude do benefício da modulação do mascaramento em função do nível de compressão temporal e da taxa de modulação do ruído mascarante. O objetivo deste primeiro experimento foi testar a hipótese de que não existe diferença na redução da magnitude do benefício da

modulação do mascaramento entre as taxas de modulação do mascaramento em função da redução da redundância da fala. O segundo experimento investigou efeito da idade no benefício da modulação do mascaramento em função da redundância de fala. O objetivo deste segundo experimento foi testar a hipótese de que idosos com audição normal exibem um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos ouvintes mais jovens e, em especial, para a fala menos redundante.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Testes de Fala no Ruído

Um dos aspectos mensuráveis mais importantes da função auditiva é a habilidade reconhecer da fala. Por isso, os testes de reconhecimento de fala são de grande importância para o diagnóstico audiológico na clínica, bem como para as pesquisas básicas.

O limiar de reconhecimento de fala e o índice percentual de reconhecimento de fala são testes que avaliam a habilidade de reconhecer a fala em condições adequadamente controladas. Estes são utilizados para medir o desempenho auditivo dos indivíduos em tarefas de reconhecimento de fala utilizando como material de fala estímulos isolados (sem presença de ruído competitivo), como palavras monossílabas, dissílabas e polissílabas. Existem basicamente duas listas de palavras que tem sido mais utilizada na aplicação do teste de reconhecimento de fala (PEN; MANGABEIRA-ALBERNAZ, 1970; SANTOS, RUSSO, 1986). No entanto, outros autores também têm sugerido novas listas para aplicação do teste (CHAVES et al, 1999; HARRIS et al, 2001; ROL et al, 2003).

O reconhecimento de fala é resultante da combinação das pistas acústicas, linguísticas, semânticas e circunstanciais (GAMA, 1994). Contudo, em ambientes ruidosos o sujeito pode apresentar inúmeras dificuldades no reconhecimento de fala, pois o número das pistas descritas acima reduz significativamente, levando-o a utilizar somente algumas das pistas disponíveis na situação do contexto onde se encontra. Este fato justifica a preocupação em não apenas medir habilidade em reconhecer a fala em condições favoráveis, nas quais os estímulos concorrentes estão controlados, mas também em situações mais próximas da vida real, nas quais as pistas nem sempre estão presentes (CAPORALI; SILVA, 2004).

Uma das principais limitações dos testes da avaliação audiológica básica que avaliam a habilidade de reconhecer a fala citados é o fato destes não serem realizados em condições de comunicação próximas às encontradas no cotidiano, que envolve a percepção da fala em presença de ruído (HENRIQUES; COSTA, 2011). Entretanto, o reconhecimento da fala na presença do ruído competitivo é uma das mais complexas tarefas diárias realizadas pelo ouvinte. Para avaliar a habilidade de ouvir em presença de ruído deve-se fazer uso de testes de fala que avaliam como o ouvinte escuta nesta situação.

Como dito anteriormente, alguns fatores devem ser levados em consideração quando se avalia a habilidade de ouvir em presença de ruído, tais como o material de fala, a presença ou ausência de ruído competitivo, bem como o tipo de ruído.

Quanto ao material de fala, sílabas e palavras têm sido utilizadas para medir o desempenho auditivo do indivíduo em tarefas de reconhecimento de fala (SANTOS et al, 2009). Entretanto, na avaliação do reconhecimento de fala na presença de ruído, o uso de sentenças é melhor que o uso de palavras, pois as sentenças mais se aproximam das situações reais de comunicação (BRONKHORST; PLOMP, 1990).

No Brasil, alguns estudos utilizaram o teste de reconhecimento de fala com ruído branco (PEREIRA, 1993; SCHOCHAT, 1994). Outros autores recomendaram a utilização de ruído competitivo do tipo cafeteria (COSTA, 1992), reconhecimento de palavras monossilábicas mascarados por fala competitiva (COSTA, 1995), ruído competidor com espectro de fala (COSTA et al, 1998) e modulações de amplitude (COSTA, 1998) e o ruído cocktail party (MANTELATTO, 1998; MANTELATTO; SILVA, 2000a; MANTELATTO; SILVA, 2000b; CAPORALI; ARIETA, 2004).

Entretanto, nas últimas décadas diversos testes de reconhecimento de fala na presença de ruído constituídos utilizando-se listas de sentenças têm sido

desenvolvidos (KALIKOW; STEVENS; ELLIOT, 1977; HAGERMAN, 1982; PLOMP; MIMPEN, 1979; SMOORENBURG, 1992; NILSSON; SOLI; SULLIVAN, 1994). Por exemplo, no Brasil, o teste Listas de Sentenças em Português (COSTA, 1998) foi pioneiro para este fim, cuja confiabilidade foi verificada posteriormente (FREITAS; LOPES; COSTA, 2005). Neste estudo, observou-se que houve alta confiabilidade entre os limiares de reconhecimento de sentenças no silêncio e na presença de ruído (FREITAS; LOPES; COSTA, 2005). Diferentes estratégias de aplicação para este teste foram realizadas, como a apresentação dos estímulos de fala e ruído em campo livre, por simular condições semelhantes às encontradas em situações reais de comunicação (HENRIQUES; MIRANDA; COSTA, 2008; HENRIQUES; COSTA, 2011), bem como apresentação com fones auriculares (COSTA; DANIEL; SANTOS, 2011).

Em 2008, foi desenvolvido o *Hearing in Noise Test* na versão Português Brasileiro (BEVILACQUA et al, 2008). Este teste utiliza sentenças para mensurar a habilidade de reconhecer a fala no silêncio e na presença de ruído.

O *Hearing in Noise Test* (HINT) é um teste de reconhecimento de fala em formato *open-set* utilizado para medir os limiares de reconhecimento de fala no silêncio e as relações fala-ruído em que os limiares de reconhecimento de fala foram obtidos em condições de ruído, sendo inicialmente criado no inglês americano (NILSSON et al, 1994).

Posteriormente, outras versões do HINT foram desenvolvidas em diferentes línguas, sob as mesmas premissas metodológicas e procedimentos, a fim de terem-se medidas comparáveis da habilidade de percepção de fala de maneira que, a depender do objetivo do estudo, permitissem que as comparações fossem generalizadas (SOLI; WONG, 2008).

As versões do HINT podem ser encontradas em diversas línguas: no inglês americano (NILSSON; SOLI; SULLIVAN, 1994; VERMIGLIO, 2008), no espanhol da América latina (OTERO et al, 2008), no Português Brasileiro (BEVILACQUA et al, 2008), no Turco (CEKIC; SENNAROGLU, 2008), no Espanhol Castelhana (HUARTE, 2008), no Búlgaro (LOLOV, 2008), no Francês (LUTS et al, 2008), no Coreano (MOON et al, 2008), no Norueguês (MYHRUM; MOEN, 2008), no Malaio (QUAR et al, 2008), no Japonês (SHIROMA et al, 2008), no Francês do Canadá (VAILLANCOURT et al, 2008), no Cantonês (WONG, 2008) e no Mandarim (WONG; HUANG, 2008; WONG; LIU; HAN, 2008; WONG et al, 2007). As semelhanças dos procedimentos e dos materiais de teste fazem das medidas obtidas com o HINT comparáveis entre os idiomas (BEVILACQUA et al, 2008).

O desempenho do reconhecimento de fala em presença de ruído competitivo pode variar de acordo com a forma na qual é avaliado, sendo um dos fatores que influenciam a habilidade de reconhecer a fala na presença do ruído, a tarefa de escuta.

Na mensuração do reconhecimento de fala geralmente são utilizados dois tipos de tarefas de escuta ou paradigmas, aquela com relações fala-ruído (RFR) fixas e aquela com RFR adaptativas variadas. Os resultados de um paradigma com a RFR fixa são geralmente expressos como pontuações percentuais corretas e os resultados de um paradigma adaptativo são dados como a RFR no limiar do reconhecimento de fala, ou seja, limiares de RFR.

Para a determinação de resultados expressos em limiares de RFR, utiliza-se um procedimento adaptativo no qual a intensidade em que um determinado estímulo é apresentado ao sujeito depende de como o sujeito respondeu aos estímulos anteriores (WETHERILL; LEVITT, 1965; LEVITT, 1971; BODE; CARHART, 1973). A

utilização do termo “procedimento adaptativo” tem sido associado a métodos que tendem a convergir sobre a intensidade do limiar (ou algum outro ponto alvo), apresentando também a vantagem de não exigir um conhecimento prévio de onde o limiar está localizado, uma vez que os métodos adaptativos tendem a convergir para o limiar, independentemente do ponto de partida.

Neste procedimento, o ponto de partida geralmente tem intensidade mais forte, que vai diminuindo e aumentando de acordo com a resposta do indivíduo, em intervalos predeterminados. Esses intervalos são inicialmente maiores e, em seguida, tornam-se menores na medida em que a intensidade se aproxima do limiar. Sugere-se que sejam utilizados intervalos de 4 dB até que haja uma reversão da resposta e, posteriormente, os intervalos de apresentação dos estímulos sejam de 2 dB entre si, até a obtenção do limiar de reconhecimento (LEVITT; RABINER, 1967). Como resultado, a eficiência e precisão das respostas são maximizadas (GELFAND, 2010).

O procedimento é realizado da seguinte maneira: uma corrida descendente começa com uma resposta positiva; continua a diminuir até que haja uma resposta negativa; por conseguinte, uma reversão. Uma corrida ascendente começa com uma resposta negativa e termina com uma positiva (WETHERILL, 1963; WETHERILL; LEVITT, 1965). O procedimento é continuado por meio de pelo menos seis a oito reversões (exceto o primeiro) e o valor do limiar de reconhecimento de fala é, então, calculado como a média dos valores médios das corridas, ou como a média dos seus picos e depressões (WETHERILL, 1963; WETHERILL; LEVITT, 1965).

Plomp e Mimpfen (1979) desenvolveram um teste de reconhecimento de sentenças no ruído denominado *Dutch speech-in-noise test*, no qual a resposta pode ser considerada correta somente quando a sentença completa é repetida

corretamente (ou seja, pontuação de sentença). [Versfeld e colaboradores](#) (2000) mostraram que o limiar de reconhecimento de fala do teste desenvolvido por [Plomp e Mimpen](#) (1979) é menor para a pontuação de palavra do que para a pontuação de sentença. [Terband e Drullman](#) (2008) encontraram efeitos semelhantes quando utilizaram a pontuação da palavra-chave.

No atual estudo optou-se pelo paradigma adaptativo para determinar o limiar de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado, utilizando as sentenças do *Hearing in Noise Test* Versão Português do Brasil ([BEVILACQUA et al, 2008](#)) em diferentes níveis de compressão temporal da fala, analisadas pelo critério sentença correpontuação de sentença.

2.2 Audição do Idoso

A população idosa apresenta dificuldade na compreensão de fala, particularmente quando a fala é degradada em tempo. A presença da perda auditiva entre muitos idosos impõe um déficit adicional no reconhecimento de fala que é evidente em silêncio, no ruído e na maioria das formas degradadas da fala. Apesar disso, há evidência de que a deterioração relacionada com a idade no desempenho do reconhecimento de fala ultrapassa o que pode ser atribuído exclusivamente a perda auditiva. Alguns fatores parecem contribuir para este déficit de reconhecimento de fala relacionada à idade, incluindo a quantidade de distorções de estímulo, o tamanho da tarefa de recordação e a disponibilidade de pistas contextuais ([GORDON-SALANT, 2004](#)).

Uma forma de expressar a redução da disponibilidade de pistas de fala é por meio da redução da redundância de fala. A redundância de fala refere-se à

multiplicidade de pistas de fala coexistentes, incluindo contextual, co-articulatória e outros sinais acústicos. Ao se restringir essas pistas de fala, portanto, considera-se que houve uma redução da redundância de fala (GROSE et al, 2009). Um das formas de alterar a redundância de fala é por meio da manipulação do nível de compressão temporal da fala (GROSE et al, 2009; GROSE et al, 2015; CALEARO; LAZZARONI, 1957; FAIRBANKS; KODMAN, 1957; BEASLEY et al, 1972).

Alguns estudos tem descrito um declínio relacionado à idade para o reconhecimento da fala comprimida em tempo (LETOWSKI; POCH, 1995; LETOWSKI, POCH, 1996; VAUGHAN; LETOWSKI, 1997).

Dificuldades relacionadas à idade na compreensão da fala temporalmente distorcida poderia surgir como consequência de déficits do processamento temporal auditivo associados a mecanismos periféricos e/ou centrais (GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 2004).

Idosos apresentando diferentes *status* auditivo (com audição normal e com perda auditiva), mostraram dificuldade em reconhecer fala rápida por meio da compressão temporal seletiva de consoantes, e um mínimo de dificuldade em reconhecer a fala rápida com compressão temporal seletiva de vogais ou pausas (GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 2001). Embora o desempenho na tarefa que envolve a compressão temporal seletiva de consoantes ter sido o principal fator responsável por a modificação no reconhecimento da fala o desempenho nessa tarefa representou apenas 53,3% do déficit de desempenho para o fala comprimida em tempo. Está informação sugere que outros fatores contribuem para a dificuldade relacionada com a idade para a compreensão da fala acelerada.

Algumas hipóteses podem auxiliar a compreensão dos efeitos prejudiciais de fala rápida ou comprimida em tempo sobre o desempenho na população idosa. Uma

hipótese é a lentidão cognitiva, que afirma que uma desaceleração generalizada acompanha o processo de envelhecimento e afeta todos os eventos no sistema nervoso (BIRREN, 1965; SALTHOUSE, 1982).

O modelo retardante prevê que a redução no tempo de processamento disponível tem um efeito dramaticamente desproporcional sobre o desempenho dos idosos e é frequentemente citado para explicar pobres resultados da população idosa em tarefas que aumentam a taxa de apresentação do estímulo (WINGFIELD et al, 1985).

Outra hipótese é que a população idosa apresenta dificuldade em adaptar-se a novos estímulos ou mudar a atenção de um estímulo para outro (BRYAN et al, 1999). Um requisito para o reconhecimento de fala contínua é a normalização perceptual, que é o processo de conversão de grandes variações nas características acústicas dos sons da fala para representações fonéticos padrão (GORDON-SALANT, 2004).

A limitação na disponibilidade de pistas linguísticas também representaria outra demanda cognitiva que poderiam exercer uma maior influência sobre o desempenho de ouvintes idosos em comparação com os ouvintes mais jovens (GORDON-SALANT, 2004).

Outro ponto que deve ser analisado é a introdução de um ruído de fundo no reconhecimento da fala comprimida em tempo. O acréscimo do ruído de fundo a fala rápida é particularmente difícil para a população idosa (GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1995; TUN, 1998). Uma possível fonte desta dificuldade é um declínio relativo à idade no controle executivo. As funções executivas são processos de alto nível que supervisionam a operação de outros processos cognitivos, como por exemplo, o planejamento e implementação de uma sequência de

comportamentos ou a inibição da informação de tarefas relevantes. Tarefas que envolvem a atenção dividida, como ouvir a fala em uma mensagem competitiva, são pensados para colocar uma grande demanda no controle executivo (TUN et al, 2002).

A literatura sobre a cognição e envelhecimento sugere que o envelhecimento é acompanhada por uma diminuição no controle executivo (BRYAN et al, 1999; MACPHERSON et al, 2002), e em particular, a evidência mostrou que a população idosa apresenta uma capacidade reduzida para inibir o processamento de informações irrelevantes (HASHER; ZACKS, 1988).

As características temporais do ruído também influenciam a eficácia do mascaramento em tarefas de fala normal. Carhart e colaboradores (1969) e Takahashi e Bacon (1992) mostraram que jovens com audição normal foram capazes de tirar proveito das diferenças nas características temporais do sinal e do ruído para melhorar o desempenho de percepção de fala.

A habilidade dos ouvintes mais velhos de tirar proveito das flutuações temporais no ruído para atenuar os seus efeitos sobre o reconhecimento de fala é descrita na literatura. Stuart e Phillips (1996) mostraram que os idosos são menos capazes do que os ouvintes mais jovens de tirar proveito das flutuações temporais ruído. Outros dois estudos não mostraram efeitos da idade (TAKAHASHI; BACON, 1992; SOUZA; TURNER, 1994), enquanto que Dubno e colaboradores (2002) mostraram que idosos se beneficiaram de ruído interrompido em comparação com o ruído estável para reconhecimento sílaba, embora a magnitude do benefício tenha sido menor comparada a observada para os ouvintes mais jovens.

A habilidade de idosos tirarem proveito das flutuações temporais no ruído para atenuar os seus efeitos sobre o reconhecimento de fala será discutido no item a seguir.

2.3 Benefício da modulação do mascaramento

Nas últimas décadas, muitos estudos têm comparado o reconhecimento de fala em ruído de fundo estável com fala em ruído de fundo modulado, apresentados na mesma relação falal-ruído (RFR) (MILLER; LICKLIDER, 1950; DUQUESNOY, 1983; FESTEN; PLOMP, 1990; TAKAHASHI; BACON, 1992; GUSTAFSSON; ARLINGER, 1994; PETERS et al, 1998; QIN; OXENHAM, 2003; GROSE et al, 2009; ADVÍNCULA et al, 2013; GROSE et al, 2015). Estes estudos demonstram que, em ouvintes com audição normal, o desempenho no reconhecimento de fala é substancialmente melhor na presença de um ruído modulado em comparação com o ruído estável, fenômeno referido como “*modulation masking release*” (GROSE et al, 2015), benefício causado pela modificação do ruído mascarante (ADVÍNCULA et al, 2013) ou benefício da modulação do mascaramento (BMM) como será adotado nesta pesquisa.

Acredita-se que o BMM possa ser explicado pelos momentos na redução dos níveis de mascaramento (momentos de mínima intensidade do ruído modulado), proporcionando ao ouvinte breves “*vislumbres*” da informação de fala, e conseqüente RFR mais favorável (MILLER; LICKLIDER, 1950; DIRKS; BOWER, 1970; HOWARD-JONES; ROSEN, 1993).

O sistema auditivo do ouvinte “segue” temporalmente o envelope do ruído mascarante, quando há períodos em que a RFR é menos favorável (quando o ruído

está modulado em sua máxima) e, quando há períodos em que a RFR é mais favorável (quando o ruído está modulado em sua mínima). Em outras palavras, o BMM depende, em parte, da fidelidade com que o envelope do ruído mascarante é codificado pelo sistema auditivo (GROSE et al, 2009).

A magnitude do BMM utilizando material de fala é geralmente determinada pela diferença entre valores percentuais ou entre os limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável e modulado. No primeiro caso, observa-se a melhora, em valores percentuais, do reconhecimento da fala em uma determinada relação fala ruído (RFR) em presença de ruído modulado comparado ao ruído estável. No segundo caso, observa-se a diminuição da RFR em presença de ruído modulado quando comparado a RFR em que foi obtido o limiar de reconhecimento de fala em presença de ruído estável. Em ambos os casos o desempenho na presença de ruído estável é adotado como o valor de referência (KWON et al, 2012).

Uma variedade de fatores relacionada ao estímulo de teste pode influenciar na magnitude do BMM. Um deles é o tipo de material de fala utilizado, tais como: estímulos vogal-consoante-vogal (FULLGRABE et al, 2006; GNANSIA et al, 2008), sílabas sem sentido (DUBNO et al, 2003; BERNSTEIN et al, 2012), palavras monossilábicas (MILLER; LICKLIDER, 1950; STUART; PHILLIPS, 1996), palavras espondeicas (DIRKS; BOWER, 1971), e sentenças (JIN; NELSON, 2006; DESLOGE et al, 2010). Um segundo fator que pode influenciar na magnitude do BMM é a natureza do ruído mascarante. Esses ruídos mascarantes geralmente são ruídos com espectro de fala ou a própria fala competitiva de uma única pessoa ou de várias pessoas falando ao mesmo tempo (FESTEN; PLOMP, 1990; GUSTAFSSON; ARLINGER, 1994; OXENHAM; SIMONSON, 2009; FRANCCART et al, 2011). No caso de ruídos modulados produzidos artificialmente, os padrões de modulação

geralmente são modulações que se assemelham ao envelope da fala (modulações de onda senoidal ou quadrática), além de ciclos regulares e irregulares incorporados a esses padrões de flutuação (STUART; PHILLIPS, 1996; GEORGE et al, 2006). Um terceiro fator relacionado ao estímulo que afeta a magnitude do BMM é a relação fala-ruído (RFR). Vários estudos têm demonstrado que, para os ouvintes com audição normal, o BMM diminui com o aumento da RFR (OXENHAM; SIMONSON, 2009; CHRISTIANSEN; DAU, 2012; SMITS; FESTEN, 2013).

Além dos fatores relacionados ao estímulo de teste, destacam-se estudos que investigam o BMM em função da idade. Alguns estudos sugerem que idosos não apresentam déficits no processamento do envelope temporal (TAKAHASHI; BACON, 1992; PETERS; HALL 1994; FÜLLGRABE et al, 2015).

Takahashi e Bacon (1992) constataram que as diferenças entre as faixas etárias para o BMM a 8 Hz, eram mais uma função do *status* audiométrico dos ouvintes que pela idade por si.

Se opondo aos apontamentos citados acima, alguns estudos têm demonstrado reduções no BMM relacionadas à idade (DUBNO et al, 2002; DUBNO et al, 2003; STUART; PHILLIPS, 1996; GEORGE et al, 2007; GIFFORD et al, 2007; GROSE et al, 2009). Nestes estudos, as taxas de modulação da onda quadrática variaram de 2 a 50 Hz, e o material de fala variou de sílabas sem sentido a sentenças.

A taxa de amplitude modulada tem um efeito na magnitude do BMM. Tipicamente os maiores efeitos têm sido relatados para as taxas relativamente baixas, na vizinhança de 10 Hz ou inferior (MILLER; LICKLIDER, 1950; HOWARD-JONES; ROSEN, 1993; BACON et al, 1998).

Algumas hipóteses têm sido sugeridas para explicar a redução no BMM na população idosa. Uma das hipóteses seria um aumento do pós-mascaramento (GIFFORD et al, 2007).

O mascaramento que torna inaudível um som imediatamente após o mascaramento é chamado de pós-mascaramento (*forward masking or post-masking*) (Dirks e Bower, 1970; Gelfand, 2010). Em termos de reconhecimento de fala na presença de ruído modulado, pode-se dizer que o ruído mascaramento varia em amplitude (intensidade) ao longo do tempo fornecendo breves intervalos em que a relação fala ruído é mais favorável e, por conseguinte, breves intervalos de tempo em que a relação fala ruído é menos favorável. Ouvintes com audição normal aproveitam esse momento em que a relação fala-ruído é mais favorável para extrair as informações de fala. Acredita-se que em idosos, os espaços temporais de menor amplitude de mascaramento (momentos em que a relação fala ruído se torna mais favorável), terminam sendo “menores”, devido ao aumento do pós-mascaramento, acarretando assim um menor BMM (GIFFORD et al, 2007).

Os efeitos da idade para o pós-mascaramento são pouco incisivos. Apesar de um estudo psicofísico demonstrar esse efeito como mais pronunciado para os ouvintes idosos, mesmo na presença de função coclear normal (GIFFORD; BACON, 2005), em outro estudo não se identificou o efeito da idade para o pós-mascaramento (DUBNO et al, 2003). Corroborando com este último achado, Sommers e Gehr (2010) também apresentam resultados semelhantes do pós-mascaramento entre ouvintes jovens e idosos com audição normal.

O efeito do pós-mascaramento ocorre possivelmente porque as células ciliadas estimuladas recentemente não apresentam sensibilidade igual as que estavam em repouso. Estas células apresentam um tempo limite de recuperação da

sua sensibilidade após o término de um som e a magnitude da recuperação depende da duração do som. Se um som de frequência similar ocorre durante o período de recuperação, as células ciliadas podem não ser capazes de processar o som e conseqüentemente pode ser inaudível (HALL; GUYTON, 2006).

Uma consideração importante sobre o reduzido BMM na população idosa é se esta redução esta relacionada a um déficit na codificação do envelope temporal ou se reflete algum outro fator, talvez relacionado a redundância de fala.

Existem várias dimensões ao longo da qual a redundância de fala pode ser variada, como a integridade contextual (por exemplo, alta previsibilidade contra baixa previsibilidade de fala) (GORDON-SALANT et al, 2007), a integridade acústica (por exemplo, fala filtrada contra fala não filtrada) (OXENHAM; SIMONSON, 2009). Outra possibilidade de alterar a redundância da fala é por meio da manipulação do nível de compressão temporal da fala (GROSE et al, 2009; GROSE et al, 2015; CALEARO; LAZZARONI, 1957; FAIRBANKS; KODMAN, 1957; BEASLEY et al, 1972).

2.4 Compressão Temporal da Fala

A habilidade em compreender a fala pode ser considerada um dos mais importantes aspectos que deve ser avaliado quando se trata dos distúrbios da comunicação humana (SANTOS et al, 2009).

Para uma melhor compreensão da avaliação do sistema auditivo, deve-se compreender bem o processamento sensorial auditivo. O processamento auditivo refere-se aos mecanismos e processos realizados pelo sistema auditivo responsáveis pelos seguintes fenômenos comportamentais: localização e

lateralização sonora, discriminação auditiva, reconhecimento de padrões auditivos, aspectos temporais da audição (resolução temporal, mascaramento temporal, integração temporal e ordenação temporal), desempenho auditivo na presença de sinais competitivos e desempenho auditivo com decréscimo do sinal acústico (ASHA, 2005).

Esses mecanismos estão incluídos tanto no processamento de sons verbais quanto no processamento de sons não verbais, além do envolvimento de muitos outros processos e mecanismos neurocognitivos no processamento auditivo (ASHA, 2005).

O reconhecimento de padrões auditivos é uma das habilidades específicas das quais o indivíduo depende para interpretar o que ouve, sendo definida como o processo de identificação do som, classificação e nomeação do que se ouviu e repetição ou apontamento do estímulo (DANIELI, 2010).

Os diversos testes que avaliam o processamento auditivo podem ser divididos em testes monóticos, dicóticos e dióticos (PEREIRA; SCHOCHAT, 2011). Na literatura internacional, um dos testes monóticos frequentemente utilizados são os testes com fala comprimida ou fala com compressão de tempo. Esses testes fazem parte de um grupo de testes denominado testes de fala monoaural de baixa redundância.

Testes que utilizam a fala comprimida são testes de estímulos verbais que avaliam a habilidade de fechamento auditivo, tendo como parâmetro de modificação a duração, diferindo dos testes de fala com ruído e testes de fala filtrada que avaliam a mesma habilidade de fechamento auditivo, mas por modificação dos parâmetros de intensidade e de frequência, respectivamente.

Estudos que lidam com a fala comprimida em tempo remontam a década de 50, quando [Fairbanks e Kodman \(1957\)](#) mensuraram a inteligibilidade de fala de palavras em função da compressão do tempo.

Desde então, a fala comprimida em tempo tem sido utilizada em uma variedade de tópicos, incluindo lesões do tronco encefálico e córtex auditivo ([BEASLEY et al, 1972a](#), [BEASLEY et al, 1972b](#); [KURDZIEL et al, 1976](#); [BEATTIE, 1986](#)), processamento auditivo central em crianças ([RIENSCHKE et al, 1986](#); [BORNSTEIN, 1994](#); [STOLLMAN et al, 1994](#); [STARK et al, 1995](#)) e na população idosa ([STOLLMAN; KAPTEYN, 1994](#); [GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1997](#); [VAUGHAN; LETOWSKI, 1997](#)), efeito no processamento temporal e na idade ([KONKLE et al, 1977](#); [GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1993](#); [GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1999](#)), perda auditiva ([KURDZIEL et al, 1975](#); [GRIMES et al, 1984](#); [STUART; PHILLIPS, 1998](#)) e processamento temporal em usuários de implantes cocleares ([FU et al, 2001](#)).

Os estudos com fala comprimida em tempo utilizam diversos níveis de compressão temporal da fala, como por exemplo, 0% a 70% de compressão temporal da fala com intervalos de 10% de compressão entre cada condição de teste ([BEASLEY et al, 1976](#)).

O nível de compressão temporal da fala é normalmente expresso pela porcentagem em que a duração original da forma da onda da fala é removida ([FAIRBANKS; KODMAN, 1957](#); [BEASLEY et al, 1972](#); [BEASLEY et al, 1976](#); [MAY et al, 1984](#); [WILSON et al, 1994](#); [GROSE et al, 2009](#); [GROSE et al, 2015](#)). Por exemplo, quando se utiliza os níveis de compressão temporal da fala de 0%, 33% e 50%. Pode-se dizer que 0% de compressão temporal da fala significa dizer que não houve compressão temporal da fala (*uncompressed speech*), 33% de compressão

temporal da fala implica em dizer que um terço do tempo original da fala alvo foi reduzido, enquanto que 50% de compressão temporal da fala implica em dizer que metade do tempo original foi reduzido.

[Grose e colaboradores](#) (2009) utilizaram a fala comprimida em tempo para investigar o efeito da idade no processamento do envelope temporal, por meio do BMM e das respostas auditivas de estado estável. Os resultados indicaram um efeito da idade no BMM apenas para a fala normal (fala não comprimida em tempo), não havendo efeito da idade no benefício da modulação do mascaramento para a fala comprimida em tempo. Os resultados foram interpretados como uma indicação de que os déficits no BMM apresentado pela população idosa são devidos, não a déficits no processamento de envelope do mascaramento por si, mas sim a uma redundância reduzida do material de fala.

Uma consideração relevante é o fato de que na avaliação do reconhecimento de fala na presença de ruído, a utilização de sentenças são mais apropriadas que o uso de palavras, pois as sentenças mais se aproximam das situações reais de comunicação ([BRONKHORST; PLOMP, 1990](#)). Entretanto, apenas alguns trabalhos relatam sobre a percepção de sentenças em tempo comprimido ([VAUGHAN; LETOWSKI, 1997](#); [GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1999](#); [FU et al, 2001](#); [GROSE et al, 2015](#)).

Vários estudos têm mostrado que a habilidade de reconhecer a fala comprimida em tempo é muitas vezes reduzida em ouvintes mais velhos ([GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 2004](#); [WINGFIELD et al, 2006](#); [JENSTAD; SOUZA 2007](#)).

No entanto, se idosos apresentam dificuldade com a fala comprimida em tempo, essa dificuldade depende de uma complexa interação de fatores, incluindo a taxa de compressão, método de compressão e do tipo de material de fala. [Vaughan](#)

e [Letowski](#) (1997) verificaram que os idosos não apresentaram déficits substanciais no reconhecimento de sentenças altamente previsíveis até que a taxa de compressão temporal foi aumentada acima de 60%. Em contrapartida, compressão de tempo de até 50% pode resultar em déficits de desempenho para material de sentença de baixa previsibilidade ([GORDON-SALANT et al, 2007](#)). Desta fora os efeitos da compressão da fala em tempo dependem da redundância contextual.

[Jenstad e Souza](#) (2007) mostraram que em idosos os déficits fala comprimida em tempo estão mais associadas com a perda da redundância acústica do sinal de fala do que com uma perda de velocidade de processamento no ouvinte, apesar de ambas refletirem um déficit na percepção de fala comprimida em tempo.

Embora seja intuitivo que os déficits na percepção de fala comprimida em tempo possam também refletir em um abrandamento geral da velocidade de processamento em adultos mais velhos, [Jenstad e Souza](#) (2007) mostraram que os déficits fala comprimida em tempo estão associadas principalmente com a perda da redundância acústica do sinal de fala ao invés da perda de velocidade de processamento no ouvinte.

A redundância de fala como fator que influencia a redução do BMM na população idosa se baseia na dispersão das pistas de fala disponíveis, uma vez que estas se tornam restritas na presença de ruído modulado devido às limitadas “janelas” durante as quais a fala pode ser vislumbrada ([MILLER; LICKLIDER, 1950](#); [BUSS et al, 2004](#); [COOKE, 2006](#)). Desta forma, restringindo-se as pistas de fala, pode-se considerar que há uma redução na redundância de fala.

Com isso, considerando que o benefício da modulação do mascaramento em idosos com audição normal está reduzido quando comparado a adultos jovens, bem como que essa redução se deve, em parte, a redução da redundância da fala,

acredita-se que com a redução da redundância do material de fala por meio do aumento do nível de compressão temporal da fala, haverá um maior prejuízo para a população idosa com audição normal, no que se refere ao processamento temporal auditivo, em especial, ao benefício da modulação do mascaramento.

3 MÉTODO

Esta tese foi desenvolvida na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (Recife, Pernambuco, Brasil) em parceria com a Universidade da Carolina do Norte - UNC-CH (Chapel Hill, North Caroline, EUA), entre abril de 2015 a novembro de 2016. Na UFPE, a pesquisa foi realizada no Laboratório de Psicoacústica e Fisiologia da Audição do Departamento de Fonoaudiologia, estruturado com condições físicas e equipamentos semelhantes ao Laboratório de Pesquisa em Audição da UNC-CH.

Para realização desta tese, o projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), de acordo com a resolução Nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, sob o número 02466612.2.0000.5208 (ANEXO A) e pelo Comitê de Ética americano, *Institucional Review Board* (IRB), sob o número 11-1113 (ANEXO B). Os indivíduos que concordaram em participar deste projeto foram solicitados a ler e assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (APÊNDICE A). O Termo explica os objetivos e procedimentos da pesquisa, assim como os possíveis riscos e benefícios à saúde dos participantes.

Tratou-se de um estudo transversal, observacional e analítico, com amostra por conveniência.

Para atingir os objetivos desta tese, foram realizados dois experimentos. Ambos serão descritos a seguir:

A proposta do experimento 1 foi investigar a magnitude do BMM em função do nível de compressão temporal (0%, 33% e 50%) do material de fala do teste HINT na versão do Português Brasileiro e da taxa de modulação do ruído

mascarante (0, 4, 10 e 32 Hz) em adultos nativos do Português do Brasil com audição normal. A hipótese foi a de que não haveria diferença na redução da magnitude do benefício da modulação do mascaramento (BMM) entre as taxas de modulação do mascaramento em função da redução da redundância da fala (aumento do nível de compressão temporal da fala).

Os participantes desse primeiro experimento foram 90 adultos jovens (45 mulheres), com idades entre 17-28 anos (média de 20,8 anos). Todos eram falantes nativos do Português do Brasil e apresentaram audição normal (limiares tonais ≤ 25 dB NA para as frequências de oitava 250-8000 Hz). Nenhum participante relatou história de doença otológica ou neurológica. Todos os sujeitos assinaram um TCLE para a participação no estudo.

Os estímulos de fala utilizados neste experimento foram as sentenças do teste HINT na versão do Português Brasileiro. Esta versão do HINT consiste em 12 listas de 20 sentenças por lista. As sentenças, gravadas originalmente no *House Ear Institute* (HEI), nos Estados Unidos (Bevilacqua et al, 2008). As sentenças foram apresentadas tanto em seu formato original, sem compressão temporal da fala (compressão temporal da fala [CTF] = 0%), ou em dois níveis de compressão temporal da fala, onde um terço (CTF = 33%) ou metade (CTF = 50%) do tempo de apresentação da sentença tinham sido removidos. A compressão temporal da fala foi realizada utilizando o algoritmo proprietário iZotope Radius no Adobe Audition™ que especifica uma mudança estipulada de duração da forma de onda, mantendo o realismo da fala.

O ruído mascarante utilizado foi o ruído do HINT na versão do Português Brasileiro. Este ruído mascarante tinha o mesmo espectro de frequência das sentenças originais. O ruído estável foi apresentado em uma intensidade fixa de 65

dB NPS e o ruído foi modulado em amplitude apresentou modulações realizadas por uma onda quadrática entre 65 dB NSP e 30 dB NPS, em diferentes taxas de modulação (0, 4, 10 e 32 Hz). Os estímulos foram enviados através de uma plataforma digital de processamento de sinal (RX6, Tucker-Davis Technologies) e apresentado à orelha direita através de um fone auditivo Sennheiser HD580.

Os limiares de reconhecimento de sentença foram medidos utilizando um procedimento adaptativo que converge para 71% de acerto. Os sujeitos foram testados em uma cabina acústica e orientados a repetir cada sentença exatamente da forma como era percebida. À medida que cada sentença era apresentada ao sujeito, o texto da sentença foi apresentado simultaneamente na tela do computador na frente do experimentador, com todas as palavras em destaque num retângulo sombreado sensível à marcação. Fora da cabina, o pesquisador monitorou a resposta oral do sujeito através de fones de ouvido ligados a um microfone posicionado dentro da cabine. O pesquisador utilizou o *mouse* do computador para marcar as palavras que foram omitidas ou repetidas incorretamente. Para a proposta do procedimento adaptativo, a sentença foi dada em uma pontuação global de “correto” ou “incorreto”, na qual a sentença completa teve de ser repetida com precisão para uma pontuação de “correta” e qualquer erro resultou em uma pontuação de “incorreta”.

Após duas sentenças corretas, o nível de apresentação da próxima sentença era reduzido em 2 dB; após um sentença incorreta, o nível de apresentação da próxima sentença era aumentado em 2 dB. A faixa de estimação do limiar continuou até 6 reversões em direção nível do limiar. A estimativa do limiar foi calculada como a média dos quatro níveis (intensidades) finais de reversão. Para cada participante a escolha do tipo de ruído mascarante inicial foi feita de forma randômica.

Para cada participante, três estimativas de limiares de reconhecimento de fala foram obtidas para cada condição de ruído mascarante (estável e modulado a 4 Hz, 10 Hz ou 32 Hz), com uma estimativa adicional obtida se a diferença entre as 3 estimativas fosse igual ou maior que 3 dB. O limiar de reconhecimento de fala final foi calculado como a média de todas as estimativas obtidas. O cálculo do BMM foi realizado a partir da diferença entre o limiar de reconhecimento de fala em presença de ruído estável (tomado como referência) e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado (para as diferentes taxas de modulação do ruído mascarante).

Pelo fato das sentenças terem sido apresentadas sem repetição, um único sujeito pode participar de apenas um nível de compressão temporal de fala (0%, 33%, ou 50%) e duas condições de ruído mascarante (0 Hz e 4 Hz, 0 e 10 Hz, ou 0 e 32 Hz). Isso fez com que fosse preciso três grupos de 10 indivíduos para cada nível de compressão temporal da fala, pois o conjunto de oito estimativas de limiares (4 estimativas em cada um dos ruídos) aproximou-se do número máximo de sentenças do teste (sem que o sujeito escutasse qualquer sentença mais de uma vez). O procedimento adaptativo, incluindo a apresentação do estímulo, foi controlado por um script Matlab™ personalizado.

Para o Experimento 1, as variáveis analisadas foram o tipo de ruído mascarante (ruído estável e ruído modulado), o nível de compressão temporal da fala (0%, 33%, ou 50%) e a taxa de modulação do ruído mascarante (0 Hz e 4 Hz, 0 e 10 Hz, ou 0 e 32 Hz).

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com um fator dentro sujeitos (tipo de ruído mascarante) e dois fatores entre sujeitos (nível de compressão temporal da fala e taxa de modulação do mascaramento).

Com o fator dentre sujeitos, foi possível verificar o efeito do tipo de ruído mascarante (ruído estável e modulado) nos limiares de reconhecimento de fala; bem como analisar: (i) a interação entre o tipo de ruído mascarante e o nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala; (ii) a interação entre o tipo de ruído mascarante e a taxa de modulação do ruído nos limiares de reconhecimento de fala; e, (iii) a interação entre o tipo de ruído mascarante, o nível de compressão temporal da fala e a taxa de modulação do ruído nos limiares de reconhecimento de fala.

Por meio do fator entre sujeitos, foi possível verificar: o efeito do nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado e investigar a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a taxa de modulação do ruído nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado.

Por fim, foi realizada uma ANOVA para as magnitudes do BMM possibilitando investigar: (i) o efeito do nível de compressão temporal da fala no BMM e (ii) o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante no BMM; e analisou-se a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a taxa de modulação no BMM.

A proposta do Experimento 2 foi investigar o efeito da idade no BMM em função do nível de compressão temporal do material de fala do HINT na versão do Português Brasileiro em nativos do Português do Brasil com audição normal. A hipótese foi que idosos com audição normal vão exibir um menor BMM em relação aos ouvintes mais jovens e, em especial, para a fala menos redundante.

Participaram desse experimento 30 adultos jovens (15 do sexo feminino) com idade variando de 17-28 anos (média de 21,5 anos), 30 adultos de meia idade (20 do sexo feminino) com idade variando de 40-57 anos (média de 46,9 anos) e 30

idosos (25 do sexo feminino) com idade variando de 60-75 anos (média de 64,5 anos). Todos eram falantes nativos do Português do Brasil e apresentaram audição normal (limiares tonais ≤ 25 dB NA para as frequências de oitava 250-8000 Hz e inter-oitavas 3000 Hz e 6000 Hz na orelha de teste para adulto jovens e adultos de meia idade e limiares tonais ≤ 25 dB NA para as frequências de oitava 250-4000 Hz e inter-oitava de 3000 Hz na orelha de teste para idosos). Nenhum sujeito relatou história de doença otológica ou neurológica. Todos que concordaram em participar do estudo realizaram a assinatura do TCLE.

Tal como aconteceu no Experimento 1, os estímulos de fala utilizados neste experimento foram as sentenças do teste HINT na versão do Português Brasileiro. As sentenças foram apresentadas tanto em seu formato original, sem compressão temporal da fala (compressão temporal da fala [CTF] = 0%), ou em dois níveis de compressão temporal da fala, onde um terço (CTF = 33%) ou metade (CTF = 50%) do tempo de apresentação da sentença tinham sido removidos. A compressão temporal da fala é realizada utilizando o algoritmo proprietário iZotope Radius no Adobe Audition™ que especifica uma mudança estipulada de duração da forma de onda, mantendo o realismo da fala.

O ruído mascarante possuía o mesmo espectro de frequência das sentenças originais. O ruído estável é apresentado em uma intensidade fixa de 65 dB NPS e o ruído é modulado em amplitude apresentando modulações realizadas por uma onda quadrática entre 65 dB NPS e 30 dB NPS, a uma taxa de modulação de 10 Hz. Os estímulos são enviados através de uma plataforma digital de processamento de sinal (RX6, Tucker-Davis Technologies) e apresentados à orelha direita através de um fone auditivo Sennheiser HD580.

Os limiares de reconhecimento de sentença são medidos utilizando um procedimento adaptativo que converge para 71% de acerto. Os sujeitos são testados em uma cabina acústica e orientados a repetir cada sentença da forma como é percebida. Tal como aconteceu com o Experimento 1, o texto da sentença é apresentado simultaneamente na tela do computador na frente do experimentador, com todas as palavras em destaque num retângulo sombreado sensível à marcação. O pesquisador utiliza o *mouse* do computador para marcar as palavras que são omitidas ou repetidas incorretamente. Para a proposta do procedimento adaptativo, a sentença é dada em uma pontuação global de “correto” ou “incorreto”, na qual a sentença completa deve ser repetida com precisão para uma pontuação de “correta” e qualquer erro resultou em uma pontuação de “incorreta”.

Após duas sentenças corretas, o nível de apresentação da próxima sentença era reduzido em 2 dB; após uma sentença incorreta, o nível de apresentação da próxima sentença era aumentado em 2 dB. O limiar foi estimado até 6 reversões serem adquiridas. A estimativa do limiar foi calculada como a média dos quatro níveis (intensidades) finais de reversão. Para cada participante a escolha do tipo de ruído mascarante inicial foi feita de forma randômica. Para cada participante, três estimativas de limiares de reconhecimento de fala foram obtidas para cada condição de ruído mascarante (estável e modulado a 10 Hz), com a estimativa(s) adicional(is) obtida(s) se a diferenças entre 3 estimativas fossem igual ou maior que 3 dB. O limiar de reconhecimento de fala final foi calculado como a média de todas as estimativas obtidas. O cálculo do BMM foi realizado a partir da diferença entre o limiar de reconhecimento de fala em presença de ruído estável (tomado como referência) e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado.

Pelo fato das sentenças terem sido apresentadas sem repetição, um único sujeito pode participar de apenas um nível de compressão temporal de fala (0%, 33%, ou 50%), Isso fez com que fosse preciso três grupos de 10 indivíduos para cada faixa etária (adultos jovens, adultos de meia idade e idosos), pois a quantidade de sentenças utilizadas para a obtenção das estimativas de limiares para ambos os tipos de ruído (estável e modulado) aproximou-se do número máximo de sentenças do teste (sem que o sujeito escutasse qualquer sentença mais de uma vez). O procedimento adaptativo, incluindo a apresentação do estímulo, foi controlado por um *script* Matlab™ personalizado.

Para o Experimento 2, as variáveis analisadas foram o tipo de ruído mascarante (ruído estável e ruído modulado), o nível de compressão temporal da fala (0%, 33%, ou 50%) e a idade (adultos jovens, adultos de meia idade e idosos).

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com um fator dentre sujeitos (tipo de ruído mascarante) e dois fatores entre sujeitos (nível de compressão temporal da fala e idade).

Com o fator dentre sujeitos, foi possível verificar o efeito do tipo de ruído mascarante (ruído estável e modulado) nos limiares de reconhecimento de fala; bem como analisar: (i) a interação entre o tipo de ruído mascarante e o nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala; (ii) a interação entre o tipo de ruído mascarante e a idade nos limiares de reconhecimento de fala; e, (iii) a interação entre o tipo de ruído mascarante, o nível de compressão temporal da fala e a idade nos limiares de reconhecimento de fala.

Por meio do fator entre sujeitos, foi possível verificar: (i) o efeito do nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado e (ii) o efeito da idade nos limiares de reconhecimento

de fala em presença de ruído estável e modulado; analisou-se a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a idade nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado.

Por fim, foi realizada uma ANOVA para as magnitudes do BMM possibilitando verificar: (i) o efeito do nível de compressão temporal da fala no benefício da modulação do mascaramento e (ii) o efeito da idade do sujeito no benefício da modulação do mascaramento; e analisou-se a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a idade no benefício da modulação do mascaramento.

4 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa originaram dois artigos científicos:

- Artigo Original 1: Redução do Benefício da Modulação do Mascaramento em Função da Compressão Temporal da Fala submetido ao periódico *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*.

- Artigo original 2: Efeito da idade no Processamento do Mascaramento Temporal: Benefício da modulação do mascaramento e Fala Comprimida, a ser submetido ao periódico *International Journal of Audiology*. Versão em Português.

4.1 Artigo Original 1: Redução do Benefício da Modulação do Mascaramento em Função da Compressão Temporal da Fala submetido ao periódico *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*.

**Redução do Benefício da Modulação do Mascaramento em Função da
Compressão Temporal da Fala**

***Modulation Masking Release Reduction As A Function Of Time Compressed
Speech***

Resumo

Introdução: Em ouvintes com audição normal o reconhecimento de fala é substancialmente melhor em presença de um ruído modulado em comparação com o ruído estável, fenômeno referido como “*modulation masking release*” e traduzido para o português do Brasil como *benefício da modulação do mascaramento* (BMM). Estudos tem demonstrado que o BMM diminua à medida que a taxa de modulação aumente acima de uma determinada frequência, referida como região de melhor sensibilidade da modulação. Contudo, não foram encontrados estudos que verificassem a existência de diferença na magnitude do BMM entre as taxas de modulação do ruído mascarante mais lentas, com a adição de algum fator, tal como da redundância de fala. **Objetivo:** Investigar o benefício da modulação do ruído mascarante no reconhecimento de sentenças, em função do nível de compressão temporal da fala e das diferentes taxas de modulação do ruído mascarante. **Método:** Os participantes eram adultos com audição normal, falantes nativos do português brasileiro. O material de teste foi o *Hearing in Noise Test* (HINT) versão Português do Brasil. O estudo mediu os limiares de reconhecimento de fala em função do nível

de compressão temporal da fala (0, 33 e 55%) em presença de ruído estável e modulado a diferentes taxas de modulação (0, 4, 10 e 32 Hz). **Resultados:** A análise revelou um efeito significativo do tipo de ruído mascarante ($F[1,81] = 350,290$; $p < 0,001$); um efeito significativo do nível de compressão temporal da fala (CTF) ($F[2,81] = 457,838$; $p < 0,001$); uma interação significativa entre o tipo de ruído mascarante e o nível de compressão temporal da fala (CTF) ($F[2,81] = 34,485$; $p < 0,001$); nenhuma interação entre o tipo de ruído mascarante e a taxa de modulação ($F[2,81] = 7,594$; $p < 0,001$), nenhuma interação entre o CTF e a taxa de modulação do mascaramento ($F[4,81] = 0,166$; $p = 0,955$); e nenhuma interação entre tipo de ruído mascarante, a CTF e a taxa de modulação ($F[4,81] = 0,260$; $p = 0,903$). As magnitudes do benefício do mascaramento modulado também foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA). A análise revelou um efeito principal significativo do nível de CTF ($F[2,81] = 34,485$; $p < 0,001$); mas não revelou um efeito da taxa de modulação do mascaramento no BMM ($F[2,81] = 0,949$; $p = 0,391$); bem como a interação entre esses dois fatores (nível TC e a taxa de modulação do ruído) não foi significativa ($F[4,81] = 0,260$; $p = 0,903$). **Conclusão:** O presente estudo demonstrou que a magnitude do benefício do mascaramento modulado diminuiu com o aumento da compressão temporal da fala. Concluiu-se também que as reduções no benefício do mascaramento modulado em função do nível de compressão temporal da fala não diferiram entre as taxas de modulações do ruído mascarante (4 Hz, 10 Hz e 32 Hz).

Descritores: Audição. Percepção de fala. Ruído

Abstract

Introduction: In normal hearing listeners speech recognition is substantially better in the presence of modulated maskers compared to steady maskers, a phenomenon referred to as “modulation masking release” and translated into Brazilian Portuguese as a benefit of masking modulation (BMM). Studies have shown that BMM decreases as the modulation rate increases above a given frequency, referred to as the region of best modulation sensitivity. However, no studies were found to verify the existence of a difference in the magnitude of the BMM between the slower rates of modulation of masking noise, with the addition of some factor, such as speech redundancy.

Purpose: The goal was to investigate the modulation masking release for speech, as a function of time-compression of the speech (0, 33, and 50%) and the different modulation rates. **Methods:** Participants were normal-hearing adults who were native speakers of Brazilian Portuguese. The test material was the Brazilian-Portuguese HINT. The study measured speech recognition thresholds as a function of time-compression of the speech (0, 33, and 50%) in the presence of steady and modulated noise at different modulation rate (0, 4, 10 and 32 Hz). **Results:** The analysis indicated a significant effect of masker type ($F [1,81] = 350,290; p < 0.001$); a significant effect of effect of TC level ($F[2,81] = 457,838; p < 0,001$); a significant interaction between these factors ($F[2,81] = 34,485; p < 0,001$); no interaction between the masker type and the modulation rate ($F[2,81] = 7,594; p < 0,001$); no interaction between the TC level and the modulation rate ($F[4,81] = 0,166; p = 0,955$). Finally, the three-way interaction of TC level x masker type x modulation rate was also not significant. The masking release magnitudes were submitted to an analysis of variance (ANOVA). The analysis indicated a significant effect of TC level ($F [2.81] = 34.485, p < 0.001$); no effect of the modulation rate on modulation masking release (F

[2.81] = 0.949, $p = 0.391$); as well as the interaction between these two factors (CT level and modulation rate) was not significant ($F [4.81] = 0.260$, $p = 0.903$).

Conclusion: The present study demonstrated that the magnitude of the modulation masking release decreased with increasing time compression of speech. It was also concluded that the reductions in the modulation masking release as a function of the temporal compression level of the speech did not differ between the modulation rates of the masking noise (4 Hz, 10 Hz and 32 Hz).

Key-Words: Hearing. Perception of speech. Noise

Introdução

Nas últimas décadas, muitos estudos têm comparado o reconhecimento de fala em presença de ruído estável com o reconhecimento de fala em presença de ruído modulado, apresentados na mesma relação fala-ruído (RFR) (MILLER; LICKLIDER, 1950; DUQUESNOY 1983; FESTEN; PLOMP 1990; GUSTAFSSON; ARLINGER, 1994; PETERS et al, 1998; GROSE et al, 2009; ADVÍNCULA et al, 2013; GROSE et al, 2015). Estes estudos demonstram que, em ouvintes com audição normal, o desempenho no reconhecimento de fala é substancialmente melhor em presença de um ruído modulado em comparação com o ruído estável, fenômeno referido como “*modulation masking release*” (GROSE et al, 2015), e traduzido para o Português como *benefício da modulação do mascaramento* (BMM).

Acredita-se que o BMM possa ser explicado pelos momentos na redução dos níveis de intensidade do mascaramento (momentos de mínima intensidade do ruído modulado), proporcionando ao ouvinte breves “*vislumbres*” da informação de fala, e consequente RFR mais favorável (MILLER; LICKLIDER 1950; DIRKS; BOWER 1970; HOWARD-JONES; ROSEN, 1993).

O sistema auditivo do ouvinte “segue” temporalmente o envelope do ruído mascarante, quando há períodos em que a RFR é menos favorável (quando o ruído está modulado em sua máxima) e, quando há períodos em que a RFR é mais favorável (quando o ruído está modulado em sua mínima). Em outras palavras, o BMM depende, em parte, da fidelidade com que o envelope do ruído mascarante é codificado pelo sistema auditivo (GROSE et al, 2009).

Uma variedade de fatores relacionados ao ruído mascarante e ao material de fala podem alterar a magnitude do BMM, que é dependente de várias características

do ruído modulado, como a intensidade do ruído, a taxa de interrupção, a razão cíclica e a profundidade da modulação (DESLOGE et al, 2010).

Em especial, quanto à taxa de modulação do ruído mascarante, tem-se observado um efeito significativo desta na magnitude do BMM. Maiores magnitudes do BMM têm sido relatadas para taxas de modulação mais lentas, em torno de 10 Hz ou inferiores (MILLER; LICKLIDER 1950; ADVÍNCULA et al, 2013; HOWARD-JONES; ROSEN 1993; BACON et al, 1998).

As menores taxas de modulação do ruído mascarante, caracterizam-se por conter maior espaço de tempo com menor amplitude do ruído modulado (modulações mínimas), quando comparadas às taxas de modulação do ruído mascarante mais altas. Isso possibilita mais tempo para a percepção da fala alvo (maior espaço de tempo para os vislumbres), contribuindo para um melhor reconhecimento da fala (DIRKS; BOWER 1970; GELFAND 2010; BUSS et al, 2009).

É esperado que o BMM diminua à medida que a taxa de modulação aumente acima de uma determinada frequência, referida como região de melhor sensibilidade da modulação (GROSE et al, 2009). Para o ruído de banda larga, esta frequência é em torno de 50 Hz (VIEMEISTER, 1979).

Advíncula e colaboradores (2013) mensuraram o reconhecimento de sentenças em diferentes taxas de modulação do ruído mascarante e constataram que a magnitude do BMM para fala não se diferenciava entre as taxas de modulação em amplitude do ruído mascarante de 4, 8, 16 e 32 Hz. No entanto, quando a taxa de modulação era elevada a 64 Hz, a magnitude do BMM reduzia.

Em outro estudo, Dubno e colaboradores (2003), verificaram que o BMM para fala permaneceu constante para as frequências de modulação do ruído mascarante

entre as taxas de 2 Hz, 10 Hz e 25 Hz, no entanto, reduziu quando utilizado uma taxa de modulação do ruído mascarante de 50 Hz.

Apesar deste achados, não foram encontrados estudos que verifiquem se existe a diferença na magnitude do BMM entre as taxas de modulação do ruído mascarante mais lentas, com a adição de algum fator, tal como da redundância de fala.

Além dos fatores relacionados ao ruído mascarante, modificações do material de fala também estão relacionadas com a magnitude do BMM. Dentro deste contexto, destaca-se a redundância de fala, que se refere à multiplicidade de pistas de fala coexistentes, incluindo pistas contextuais, co-articulatórias e outros sinais acústicos (GROSE et al, 2009). Qualquer manipulação que reduza a redundância da fala deve resultar em um aumento do limiar de RFR (OXENHAM; SIMONSON, 2009).

A taxa ideal de modulação do ruído mascarante pode ser diferente para diferentes materiais de fala. Por exemplo, a taxa ideal encontrada para palavras espondeicas foi 1 Hz, inferior à taxa ideal para outras palavras de duas sílabas e palavras monossilábicas (DIRKS et al, 1969; DIRKS; BOWER, 1971). Esta diferença pode ser interpretada em função do aumento da redundância de fala das palavras espondeicas. Para materiais de fala redundantes, esses vislumbres de alta qualidade distribuídos de forma mais escassa podem ser suficientes para identificar a palavra alvo, enquanto que materiais menos redundantes podem exigir vislumbres temporalmente mais longos em tempo para possibilitar sua identificação.

Estudos demonstram uma interação entre a taxa de modulação e a redundância de fala. No entanto, os materiais da fala alvo utilizados nesses estudos diferiram em todas as condições de redundância, deixando em aberto à

possibilidade de que outros fatores, como a frequência das palavras ou diferenças acústicas em todo conjuntos de estímulos desempenham um papel no padrão do BMM (DIRKS et al, 1969; DIRKS; BOWER, 1971).

Existem várias dimensões ao longo da qual a redundância de fala pode ser variada, como a integridade contextual (alta previsibilidade contra baixa previsibilidade de fala) e a integridade acústica (fala filtrada contra fala não filtrada) (VAUGHAN; LETOWSKI 1997; GORDON-SALANT et al, 2007). Outra possibilidade é alterar a redundância da fala por meio da manipulação do nível de compressão temporal da fala (GROSE et al, 2009; GROSE et al, 2015; CALEARO; LAZZARONI 1957; FAIRBANKS; KODMAN 1957; BEASLEY et al, 1972).

O nível de compressão temporal da fala é normalmente expresso pela porcentagem em que a duração original da forma da onda da fala é removida. Por exemplo, 33% de compressão temporal da fala implica em dizer que um terço do tempo original da fala alvo foi reduzido, enquanto 50% de compressão temporal da fala implica em dizer que metade do tempo original foi reduzido (GROSE et al, 2009; FAIRBANKS; KODMAN 1957; BEASLEY et al, 1972).

Alguns estudos tem demonstrado que com o aumento do nível de compressão temporal da fala observa-se uma queda dos limiares de reconhecimento de fala para ambos os tipos de ruídos, sendo este aumento maior para o ruído modulado que para ruído estável. Como consequência, há uma redução na magnitude do BMM com o aumento do nível de compressão temporal da fala (GROSE et al, 2015; GROSE et al, 2009).

As magitudes do BMM em função do nível de compressão temporal da fala e em função da taxa de modulação do ruído mascarante estão relativamente bem estabelecidas na literatura quando avaliadas de forma isolada (FÜLLGRABE et al,

2006; MILLER; LICKLIDER 1950; FESTEN; PLOMP 1990; GUSTAFSSON; ARLINGER, 1994; STUART; PHILLIPS 1996; DIRKS; BOWER 1971; Dubno et al, 2003; OXENHAM; SIMONSON, 2009). No entanto, não foram encontrados estudos que abordem como se comporta a magnitude do BMM em função do nível de compressão temporal da fala nas diferentes taxas de modulação do ruído mascarante. Por isso, a principal questão de interesse neste estudo foi entender como essas duas dimensões (taxa de modulação do ruído mascarante e nível de compressão temporal da fala) interagem e influenciam o BMM.

O objetivo da pesquisa foi estudar a magnitude do BMM para fala em função do nível de compressão temporal da fala e das diferentes taxas de modulação do ruído mascarante.

Para tal, verificou-se o efeito do tipo de ruído mascarante (ruído estável e modulado), do nível de compressão temporal da fala e da taxa de modulação do ruído mascarante nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado; bem como o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante e do nível de compressão temporal da fala no benefício do mascaramento modulado. Além disso, analisou-se a interação entre o tipo de ruído mascarante, o nível de compressão temporal da fala e a taxa de modulação do ruído mascarante; bem como a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a taxa de modulação no benefício do mascaramento modulado.

Método

Sujeitos

Participaram desse experimento 90 adultos jovens (45 do sexo feminino) com idade variando de 17-28 anos (média de 20,8 anos). Todos eram falantes nativos do Português do Brasil e com audição normal (limiares tonais ≤ 25 dB NA para as frequências de oitava 250-8000 Hz e inter-oitavas 3000 Hz e 6000 Hz na orelha de teste). Nenhum sujeito relatou história de doença otológica ou neurológica. Todos concordaram em participar do estudo através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este estudo foi aprovado por Comitê de Ética Americano, Institucional Review Board (IRB), sob o número 11-1113 e pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, sob o número 02466612.2.0000.5208.

Estímulo

Os estímulos de fala utilizados neste experimento foram as sentenças do HINT na versão do Português Brasileiro. As sentenças foram apresentadas em seu formato original, sem compressão temporal da fala (compressão temporal da fala [CTF] = 0%), e em dois níveis de compressão temporal da fala, nos quais um terço (CTF = 33%) ou metade (CTF = 50%) do tempo de apresentação da sentença haviam sido removidos. A compressão temporal da fala foi realizada usando o algoritmo do proprietário iZotope Radius, no Adobe Audition™, que especifica uma mudança estipulada de duração da forma de onda, mantendo o realismo da fala.

O ruído mascarante possuía o mesmo espectro de frequência das sentenças originais. O ruído estável foi apresentado em uma intensidade fixa de 65 dB NPS e o ruído modulado em amplitude apresentou modulações realizadas por uma onda quadrática entre 65 e 30 dB NPS, com taxas de modulação de 4 Hz, 10 Hz e 32 Hz.

Os estímulos foram enviados para o ouvinte, através de uma plataforma digital de processamento de sinal (RX6, *Tucker-Davis Technologies*) e apresentado à orelha direita através de fones auditivos *Sennheiser HD580*.

Procedimentos

Os sujeitos foram testados em uma cabina acústica e orientados a repetir cada sentença da forma como era percebida. À medida que cada sentença era apresentada ao sujeito, o texto da sentença era apresentado ao pesquisador simultaneamente na tela do computador, com todas as palavras em destaque num retângulo sombreado sensível à marcação. O pesquisador utilizou o *mouse* do computador para marcar as palavras que foram omitidas ou repetidas incorretamente. Para a proposta do procedimento adaptativo, no qual os limiares de reconhecimento de sentença convergem para 71% de acerto (LEVITT, 1971), a sentença enunciada pelo participante foi considerada como “sentença correta” ou “sentença incorreta”. Para ser considerada “sentença correta”, o participante deveria repetir a sentença da mesma forma como emitida. Qualquer divergência entre o som que foi emitido e a enunciação do participante resultou em uma pontuação “sentença incorreta”.

Após duas sentenças corretas, o nível de apresentação da próxima sentença era reduzido em 2 dB; após uma sentença incorreta, o nível de apresentação da próxima sentença era aumentado em 2 dB. O limiar foi determinado após 6 reversões serem adquiridas. O limiar foi calculado como a média dos quatro níveis (intensidades) finais de reversão. Para cada participante a escolha do tipo de ruído mascarante inicial foi feita de forma randômica.

Para cada participante, três limiares de reconhecimento de fala foram obtidas para cada condição de ruído mascarante (estável e modulado a 4 Hz, 10 Hz ou 32 Hz), com uma estimativa adicional obtida se a diferença entre as 3 estimativas fosse igual ou maior que 3 dB. O limiar de reconhecimento de fala final foi calculado como a média de todos os limiares obtidos. O cálculo do BMM foi realizado a partir da diferença entre a média dos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável (tomado como referência) e a média dos limiares de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado (para as diferentes taxas de modulação do ruído mascarante).

A escolha das listas foi feita de forma aleatória, bem como o indivíduo não escutou qualquer sentença mais de uma vez, a fim de eliminar variáveis relacionadas ao fenômeno de aprendizagem. Pelo fato das sentenças terem sido apresentadas sem repetição, um único sujeito pôde participar de apenas um nível de compressão temporal de fala (0%, 33%, ou 50%) e duas condições de ruído mascarante (0 Hz e 4 Hz, 0 e 10 Hz, ou 0 e 32 Hz). Isso fez com que fossem necessários três grupos de 10 indivíduos para cada nível de compressão temporal da fala, pois o conjunto de oito limiares (4 limiares para cada tipo de ruído) aproximou-se do número máximo de sentenças do teste (sem que o sujeito escutasse qualquer sentença mais de uma vez). O procedimento adaptativo, incluindo a apresentação do estímulo, foi controlado por um *script* Matlab™ personalizado.

Estatística

As variáveis analisadas neste estudo foram o tipo de ruído mascarante (ruído estável e ruído modulado), o nível de compressão do temporal da fala (0%, 33% e 50%) e a taxa de modulação do ruído mascarante (0 Hz, 4 Hz e 32 Hz).

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com um fator dentro sujeitos (tipo de ruído mascarante) e dois fatores entre sujeitos (nível de compressão temporal da fala e taxa de modulação do mascaramento).

Por meio da análise dentro sujeitos, foi possível investigar o efeito do tipo de ruído mascarante (ruído estável e modulado) nos limiares de reconhecimento de fala; bem como investigar: (i) a interação entre o tipo de ruído mascarante e o nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala; (ii) a interação entre o tipo de ruído mascarante e a taxa de modulação do ruído nos limiares de reconhecimento de fala; e, (iii) a interação entre o tipo de ruído mascarante, o nível de compressão temporal da fala e a taxa de modulação do ruído nos limiares de reconhecimento de fala.

Por meio da análise entre sujeitos, foi possível investigar: (i) o efeito do nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado e (ii) o efeito da taxa de modulação do ruído nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado; bem como investigar a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a taxa de modulação do ruído nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado.

Por fim, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para as magnitudes do BMM possibilitando investigar: (i) o efeito do nível de compressão temporal da fala no BMM e (ii) o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante no BMM; e

investigar a interação entre a compressão temporal da fala e a taxa de modulação do ruído mascarante no BMM.

Resultados

Os resultados são apresentados na Figura 1. Observa-se que a média dos limiares de reconhecimento de fala nas diferentes taxas de modulação do mascaramento são apresentados para cada nível de compressão temporal da fala. A média dos limiares encontrados em presença de ruído estável comparados ao ruído modulado a 4 Hz são apresentados, respectivamente, como círculos cheios e vazios; em presença de ruído estável comparado ao ruído modulado a 10 Hz são apresentados, respectivamente, como quadrados cheios e vazios; e por fim, em presença de ruído estável comparado ao ruído modulado a 32 Hz são apresentados, respectivamente, como triângulos cheios e vazios (barras de erro de 1 DP).

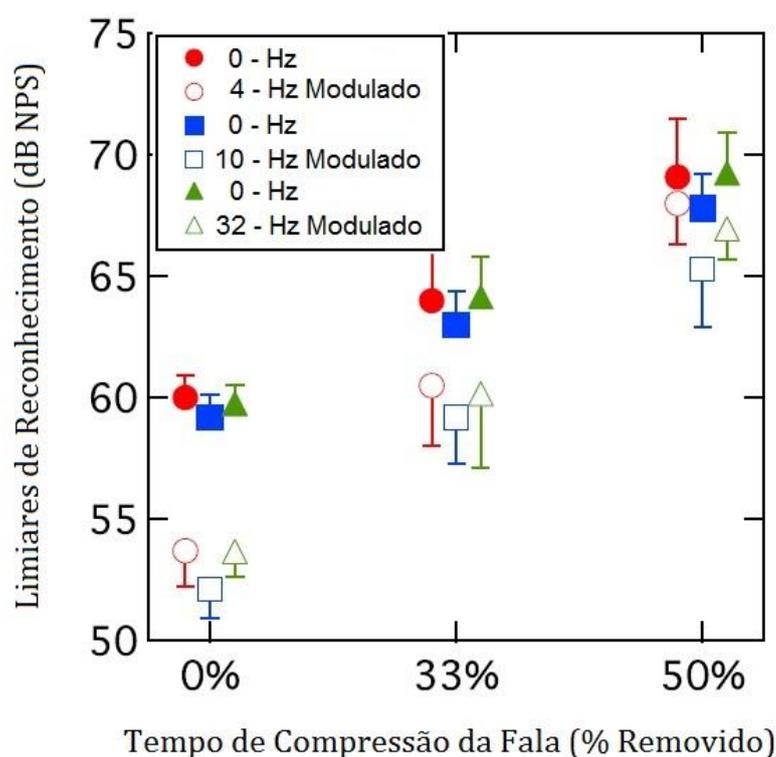


Figura 1. Limiares de reconhecimento de fala nas diferentes taxas de modulação do mascaramento são apresentados para cada nível de compressão do temporal da fala. Média dos limiares de reconhecimento em presença de ruído estável (círculo vermelho cheio) e modulado a 4 Hz (círculo vermelho vazio). Média dos limiares de reconhecimento em presença de ruído estável (quadrado azul cheio) e modulado a 10 Hz (quadrado azul vazio). Média dos limiares de reconhecimento em presença de ruído estável (triângulo verde cheio) e modulado a 32 Hz (triângulo verde vazio). Barras de erro de 1DP.

A média dos limiares de reconhecimento de sentença em presença de ruído estável e nas diferentes taxas de modulação do mascaramento, bem como o BMM são ainda apresentados na Tabela 1 para os três níveis de compressão temporal da fala. Os dados na Figura 1 e Tabela 1 apresentam três características: (1) os limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído modulado são menores que os limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável, significando a ocorrência de um BMM positivo nos três níveis de compressão temporal da fala (0%, 33% e 50%); (2) Os limiares de reconhecimento de fala na

presença de ruído estável e modulado pioram a medida que o nível de compressão temporal da fala aumenta; e (3) A magnitude do aumento do limiar de reconhecimento de fala em função do aumento do nível de compressão temporal da fala é maior quando esses limiares são obtidos em presença de ruído modulado comparado ao ruído estável, resultando numa **redução no BMM com o aumento do nível de compressão temporal da fala.**

Como as variáveis analisadas foram o tipo de ruído mascarante, o nível de compressão do temporal da fala (CTF) e a taxa de modulação do ruído, para analisar os padrões das respostas acima, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com um fator dentro sujeitos (tipo de ruído mascarante: ruído estável, ruído modulado) e dois fatores entre sujeitos (nível CT: 0%, 33% e 50%; e taxa de modulação do mascaramento: 4 Hz, 10 Hz e 32 Hz).

Tabela 1. Média dos limiares de reconhecimento de fala (dB NPS) na presença de ruído estável e modulado, e BMM (dB) para cada um dos três níveis de compressão temporal da fala e para cada uma das três taxas de modulação do ruído mascarante. Desvios-padrão entre parênteses.

	Ruído Estável	Ruído Modulado a 4 Hz	BMM
CTF = 0%	60,0 (0,9)	53,7 (1,5)	6,3
CTF = 33%	64,0 (2,3)	60,5 (2,5)	3,5
CTF = 50%	69,0 (2,3)	67,6 (2,0)	1,4
	Ruído Estável	Ruído Modulado a 10 Hz	BMM
CTF = 0%	59,2 (0,9)	52,1 (1,2)	7,1
CTF = 33%	63,0 (1,4)	59,2 (1,9)	3,8
CTF = 50%	67,8 (1,4)	65,3 (2,4)	2,5
	Ruído Estável	Ruído Modulado a 32 Hz	BMM
CTF = 0%	59,6 (0,8)	53,4 (0,9)	6,2
CTF = 33%	64,0 (1,8)	60,0 (2,9)	4,0
CTF = 50%	69,1 (2,2)	66,8 (1,1)	2,3

Os principais resultados da análise revelaram: (1) um efeito principal significativo do tipo de ruído mascarante ($F[1,81] = 350,290$; $p < 0,001$), indicando que os limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável são piores que os limiares em presença de ruído modulado, resultando na ocorrência do benefício do mascaramento modulado (BMM); (2) um efeito principal significativo do nível de compressão temporal da fala (CTF) ($F[2,81] = 457,838$; $p < 0,001$), indicando que os limiares de reconhecimento de fala aumentam com o aumento do nível de compressão temporal da fala para ambos os tipos de ruído mascarante (estável e modulado); (3) uma interação significativa entre o tipo de ruído mascarante e o nível de compressão temporal da fala (CTF) ($F[2,81] = 34,485$; $p < 0,001$), indicando que a diferença entre os limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável e modulado dependem do nível de compressão temporal da fala (diminui com o aumento da CTF); isto é, os limiares de reconhecimento de fala aumentaram com o aumento do nível de compressão temporal da fala para ambos os ruídos mascarantes, no entanto, foi observado um maior aumento dos limiares de reconhecimento de fala para ruído modulado que para o ruído estável; (4) nenhuma interação entre o tipo de ruído mascarante e a taxa de modulação ($F[2,81] = 7,594$; $p < 0,001$), demonstrando que a diferença entre os limiares em presença de ruído estável e modulado não dependem da taxa de modulação do ruído mascarante; (5) nenhuma interação entre o CTF e a taxa de modulação do mascaramento ($F[4,81] = 0,166$; $p = 0,955$); e (6) nenhuma interação entre tipo de ruído mascarante, a CTF e a taxa de modulação ($F[4,81] = 0,260$; $p = 0,903$).

As magnitudes do benefício do mascaramento modulado também foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA). A análise revelou um efeito principal significativo do nível de CTF ($F[2,81] = 34,485$; $p < 0,001$); mas não revelou

um efeito da taxa de modulação do mascaramento no BMM ($F[2,81] = 0.949$; $p = 0,391$); a interação entre esses dois fatores (nível TC e a taxa de modulação do ruído) não foi significativa ($F[4,81] = 0.260$; $p = 0,903$). Estes resultados indicam que a magnitude do BMM diminui com o aumento do CT, mas que esta não diferiu entre as três taxas de modulação do ruído mascarante.

Discussão

É sabido que limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável são piores que limiares em presença de ruído modulado, denotando a existência de BMM (MILLER; LICKLIDER 1950; DUQUESNOY 1983; FESTEN; PLOMP, 1990; GUSTAFSSON; ARLINGER, 1994; PETERS et al, 1998; GROSE et al, 2009; ADVÍNCULA et al, 2013; GROSE et al, 2015). De forma semelhante a estudos anteriores, notou-se que o fenômeno do BMM pode novamente ser observado com a utilização do material linguístico do Português Brasileiro (ADVÍNCULA et al, 2013; GROSE et al, 2015). Este dado pode indicar que o sistema auditivo funciona de maneira semelhante para os sons verbais, não havendo distinção entre padrões linguísticos das diferentes línguas, uma vez que se tem observado este fenômeno em materiais de fala dos mais diversos idiomas (DUQUESNOY, 1983; GUSTAFSSON; ARLINGER 1994; PETERS et al, 1998; GROSE et al, 2015; FÜLLGRABE et al, 2006; LORENZI et al, 2006).

A redução da magnitude do BMM em função do aumento do nível de compressão temporal da fala foi relatada em estudos anteriores (GROSE et al, 2015; GROSE et al, 2009). Esses estudos demonstraram que os limiares de reconhecimento de fala dependiam tanto do tipo de ruído mascarante (se estável ou modulado) como do nível de compressão temporal da fala (comprimida ou com

compressão temporal). No presente estudo, foi observado um aumento dos limiares de reconhecimento de fala para a compressão temporal da fala a 33% e 50%, no entanto, com maior aumento para o ruído modulado do que para o ruído estável. Como resultado, a magnitude da BMM foi maior para fala não comprimida do que para a fala comprimida em diferentes níveis de compressão (diminuição do BMM com o aumento do nível de compressão temporal da fala).

Em resumo, foi observado que tanto os limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável e modulado pioraram com o aumento do nível de compressão temporal da fala, mas que os limiares para o ruído modulado sofrem um maior aumento quando comparado aos limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável, acarretando uma diminuição do BMM com o aumento do nível de compressão temporal da fala.

Vários fatores podem estar contribuindo para essa diminuição da magnitude do BMM, especialmente aspectos relacionados a redundância da fala e a relação fala-ruído (RFR).

A facilidade em reconhecer a fala deve-se em parte à redundância intrínseca do sistema auditivo e à redundância extrínseca do sinal de fala. A redundância intrínseca do sistema nervoso auditivo central é dada pela representação bilateral de cada orelha nos hemisférios cerebrais, núcleos reles, pelas vias cruzadas, pelas conexões inter e intra-hemisféricas e pelas projeções em áreas corticais primárias e secundárias. A redundância extrínseca é dada pelo sinal acústico, devido às inúmeras pistas existentes que auxiliam o ouvinte a identificar os sinais de fala como a intensidade, tempo e duração das sílabas; as pistas semânticas e sintáticas; a familiaridade e uso do vocabulário e faixa de frequência dos fonemas em sequência. Para que o reconhecimento de fala ocorra de forma eficiente, frequentemente não é

necessário que todas as pistas acústicas estejam presentes, no entanto, quando a fala é dita em um ambiente desfavorável de escuta (ruidoso e/ou reverberante), tendo em vista a integridade da redundância intrínseca, estas pistas (redundância extrínseca) passam a ser de grande valia para o reconhecimento de fala (BOCCA; CALEARO, 1963). Por isso, ao se restringir pistas acústicas, considera-se que houve uma redução na redundância do sinal de fala.

Existem várias dimensões ao longo da qual a redundância de fala pode ser variada, como a integridade contextual (alta previsibilidade contra baixa previsibilidade de fala) e a integridade acústica (fala filtrada contra fala não filtrada) (VAUGHAN; LETOWSKI 1997; GORDON-SALANT et al, 2007). Outra possibilidade é alterar a redundância da fala por meio da manipulação do nível de compressão temporal da fala (GROSE et al, 2009; GROSE et al, 2015; CALEARO; LAZZARONI 1957; BEASLEY et al, 1972). Durante o aumento do nível de compressão temporal da fala ocorre uma diminuição das pistas de fala existentes, tanto para o ruído estável como para o ruído modulado; isto é, as pistas de fala disponíveis se tornam reprimidas durante os momentos de mínima intensidade do ruído modulado e, como consequência, uma elevação dos limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído (GROSE et al, 2009).

Qualquer manipulação que reduza a redundância da fala deve resultar em um aumento relação fala-ruído (OXENHAM; SIMONSON 2009). Manipulações no nível de compressão temporal da fala causam diminuições da quantidade de pistas de fala existentes, para que a fala comprimida seja compreendida, então, há necessidade de aumentar a intensidade da fala, tanto na presença de ruído estável quanto na presença de ruído modulado. Como os limiares de reconhecimento aumentam em função do nível de compressão temporal da fala, com maior aumento

para no ruído modulado que no ruído estável, por conseguinte, verifica-se uma redução na magnitude do BMM com o aumento do nível de compressão temporal da fala (GROSE et al, 2015). Deve-se considerar que o mecanismo citado não deve ser o único envolvido na redução do BMM, muito menos aplicável a todos os casos de BMM reduzido.

Alguns estudos têm demonstrado que, para ouvintes com audição normal, o BMM diminui com o aumento da relação fala-ruído (GROSE et al, 2015; OXENHAM; SIMONSON, 2009). Esse efeito do aumento da relação fala-ruído é percebido quando se observam as diferenças das inclinações (*slopes*) das curvas psicométricas do reconhecimento de fala, para o ruído estável e para o modulado. Essas curvas psicométricas não são paralelas. A curva psicométrica para reconhecimento de fala em presença de ruído estável é tipicamente mais íngreme do que a curva psicométrica para reconhecimento de fala em presença de ruído modulado (OXENHAM; SIMONSON 2009; DIRKS; BOWER 1971). Com isso, para ouvintes com audição normal, quanto maior for a relação fala-ruído, menor é o benefício do mascaramento modulado.

Em resumo, as diferentes inclinações das curvas psicométricas para o reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado, podem explicar o fato de que indivíduos com audição normal apresentam uma redução no BMM devido ao aumento da RFR em função da diminuição na redundância da fala, como por exemplo, nos casos de manipulação do nível de compressão temporal da fala.

Estudos comparando diferentes taxas de modulações tem demonstrado que taxas de modulações do ruído mascarante mais lentas não produzem alterações significativas na magnitude do BMM (ADVÍNCULA et al, 2013; DUBNO et al, 2003), quando a fala não está comprimida em tempo. Por outro lado, taxas de modulações

de ruído mascarante mais elevadas se assemelham, em características perceptuais, a ruídos mascarantes estáveis (LORENZI et al, 2006), pois o tempo em que o ouvinte pode se beneficiar dos espaços temporais de mínima intensidade do ruído mascarante são curtos, dificultando a percepção das pistas acústicas de fala.

Neste estudo, observou-se que a redução do BMM para a fala comprimida em tempo não ocorreu devido a taxa de modulação do ruído mascarante, provavelmente porque foram utilizadas taxas de modulações abaixo de 50 Hz, de maneira semelhante a fala não comprimida. Em outras palavras, observou-se que a magnitude do benefício do mascaramento modulado não diferiu entre as taxas de modulações do ruído mascarante estudadas (4 Hz, 10 Hz e 32 Hz) em nenhum dos nível de compressão temporal da fala (0%, 33% e 50%).

Conclusões

O presente estudo demonstrou que a magnitude do benefício do mascaramento modulado diminuiu com o aumento da compressão temporal da fala. Concluiu-se também que as reduções no benefício do mascaramento modulado em função do nível de compressão temporal da fala não diferiram entre as taxas de modulações do ruído mascarante (4 Hz, 10 Hz e 32 Hz).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o auxílio do Professor Dr. John H. Grose, da Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill. Esta pesquisa foi apoiada pelo *National Institute Of Health* (NIH), órgão de fomento dos Estados Unidos, em parceria com a

Universidade Federal de Pernambuco (processos: R03DC012278 e R01DC001507 do Edital: NIH NIDCD).

REFERÊNCIAS

Advíncula, K.P.; Menezes, D.C.; Pacífico, F.A.; Griz, S. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. **Audiology - Communication Research**, v.18, n.4, p.238-244, 2013.

Bacon, S.P.; Opie, J.M.; Montoya, D.Y. The Effects of Hearing Loss and Noise Masking on the Masking Release for Speech in Temporally Complex Backgrounds. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.41, n.3, p.549, 1998.

Beasley, D.S.; Schwimmer, S.; Rintelmann, W.F. Intelligibility of time-compressed CNC monosyllables. **Journal of speech and hearing research**, v.15, n.2, p.340-50, 1972.

Buss, E., Whittle, L.N.; Grose, J.H.; Hall, J.W. 3rd. Masking release for words in amplitude-modulated noise as a function of modulation rate and task. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.126, n.1, p.269-280, 2009.

Buss, E.; Hall, J.W.; Grose, J.H. Spectral integration of synchronous and asynchronous cues to consonant identification. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.115, n.5, p.2278-85, 2004.

Calearo, C.; Lazzaroni, A. Speech intelligibility in relation to the speed of the message. **The Laryngoscope**, v.67, n.5, p.410-9, 1957.

Cooke, M. A glimpsing model of speech perception in noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.119, n.3, p.1562-73, 2006.

Desloge, J.G. et al,. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.128, n.1, p.342-59, 2010.

Dirks, D.D.; Bower, D. Effect of forward and backward masking on speech intelligibility. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.47, n.4, p.1003-8, 1970.

Dirks, D.D.; Bower, D.R. Influence of pulsed masking on spondee words. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.50, n.4, p.1204-7, 1971.

Dirks, D.D.; Wilson, R.H.; Bower, D.R. Effect of Pulsed Masking on Selected Speech Materials. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 46(4B), p.898-906, 1969.

Dubno, J.R.; Horwitz, A.R.; Ahlstrom, J.B. Recovery from prior stimulation: masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 113(4 Pt 1), p.2084-94, 2003.

Duquesnoy, A.J. Effect of a single interfering noise or speech source upon the binaural sentence intelligibility of aged persons. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.74, n3, p.739-43, 1983.

Bocca, E.; Calero, C. Central Hearing Process. In J. Jerger, ed. *Modern Developments in Audiology*, New York: Academic Press, p. 337-370, 1963.

Fairbanks, G.; Kodman, F. Word Intelligibility as a Function of Time Compression. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.29, n.5, p.636-641, 1957.

Festen, J.M.; Plomp, R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.88, n.4, p.1725-1736, 1990.

Füllgrabe, C.; Berthommier, F.; Lorenzi, C. Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. **Hearing research**, 211(1–2), p.74-84, 2006.

Gelfand, S.A. *Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics* 5th ed., Informa Healthcare, 2010

George, E.L.; Zekveld, A.A.; Kramer, S.E.; Goverts, S.T.; Festen, J.M.; Houtgast, T. Auditory and nonauditory factors affecting speech reception in noise by older listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.121, n.4, p.2362-75, 2007.

Gifford, R.H.; Bacon, S.P. Psychophysical estimates of nonlinear cochlear processing in younger and older listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.118, v.6, p.3823-33, 2005.

Gifford, R.H.; Bacon, S.P.; Williams, E.J. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. **Journal of speech, language, and hearing research**, v.50, n.4, p.857-64, 2007.

Gordon-Salant, S. Speech Perception and Auditory Temporal Processing Performance by Older Listeners: Implications for Real-World Communication. **Seminars in Hearing**, v.27, n.4, p.264-268, 2006.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Effects of stimulus and noise rate variability on speech perception by younger and older adults. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.115, n.4, p.1808-17, 2004.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Selected Cognitive Factors and Speech Recognition Performance Among Young and Elderly Listeners. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v.40, n.2, p.423-31, 1997.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Temporal Factors and Speech Recognition Performance in Young and Elderly Listeners. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.36, n.6, p.1276, 1993.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J.; Friedman, S.A. Recognition of time-compressed and natural speech with selective temporal enhancements by young and elderly listeners. **Journal of speech, language, and hearing research**, 50(5), p.1181-93, 2007.

Grose, J.H. et al,. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. **International journal of audiology**, v.54, n.4, p.274-81, 2015.

Grose, J.H.; Mamo, S.K.; Hall, J.W. Age Effects in Temporal Envelope Processing: Speech Unmasking and Auditory Steady State Responses. **Ear and Hearing**, v.30, n.5, p.568-75, 2009.

Gustafsson, H.A.; Arlinger, S.D. Masking of speech by amplitude-modulated noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.95, n.1, p.518-29, 1994.

Guyton, A.C.; Hall, J.E. Textbook of medical physiology 11th Ed. Elsevier Saunders, ed., Philadelphia, 2006.

Howard-Jones, P.; Rosen, S. The perception of speech in fluctuating noise. **Acta**

Acustica united with Acustica, v.78, n.5, p.258-72, 1993

Jenstad, L.M.; Souza, P.E. Temporal envelope changes of compression and speech rate: combined effects on recognition for older adults. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v.50, n.5, p.1123-38, 2007.

Levitt, H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.49, n.2, p.Suppl 2:467+, 1971.

Lorenzi, C; Husson, M.; Ardoint, M.; Debrulle, X. Speech masking release in listeners with flat hearing loss: effects of masker fluctuation rate on identification scores and phonetic feature reception. **International Journal of Audiology**, v.45, n.9, p.487-95, 2006.

Miller, G.A.; Licklider, J.C.R. The Intelligibility of Interrupted Speech. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.22, n.2, p.167-173, 1950.

Oxenham, A.J.; Simonson, A.M., 2009. Masking release for low- and high-pass-filtered speech in the presence of noise and single-talker interference. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.125, n.1, p.457-68.

Peters, R.W.; Hall, J.W. Comodulation masking release for elderly listeners with relatively normal audiograms. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 96(5 Pt 1), p.2674-82, 1994

Peters, R.W., Moore, B.C. & Baer, T., 1998. Speech reception thresholds in noise with and without spectral and temporal dips for hearing-impaired and normally hearing people. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 103(1), p.577-87.

Qin, M.K.; Oxenham, A.J. Effects of simulated cochlear-implant processing on speech reception in fluctuating maskers. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.114, n.1, p.446-54, 2003.

Schneider, B.A.; Daneman, M.; Murphy, D.R. Speech comprehension difficulties in older adults: cognitive slowing or age-related changes in hearing? **Psychology and Aging**, v.20, n.2, p.261-71, 2005.

Sommers, M.S.; Gehr, S.E. Two-tone auditory suppression in younger and older normal-hearing adults and its relationship to speech perception in noise. **Hearing Research**, v.264, n.1–2, p.56-62, 2010.

Stuart, A.; Phillips, D.P. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. **Ear and hearing**, v.17, n.6, p.478-89, 1996.

Takahashi, G.A.; Bacon, S.P. Modulation detection, modulation masking, and speech understanding in noise in the elderly. **Journal of speech and hearing research**, v.35, n.6, p.1410-21, 1992.

Vaughan, N.E.; Letowski, T. Effects of Age, Speech Rate, and Type of Test on Temporal Auditory Processing. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.40, n.5, p.1192, 1997.

Viemeister, N.F. Temporal modulation transfer functions based upon modulation thresholds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.66, n.5, p.1364-80, 1979.

Wingfield, A.; McCoy, S.L.; Peelle, J.E.; Tun, P.A.; Cox, L.C. Effects of adult aging and hearing loss on comprehension of rapid speech varying in syntactic complexity. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.17, n.7, p.487-97, 2006.

4.2 Artigo Original 2: Efeito da idade no Processamento do Mascaramento Temporal: Benefício da modulação do mascaramento e Compressão Temporal da Fala, a ser submetido ao periódico *International Journal of Audiology*. Versão em Português.

Efeito da Idade no Processamento do Mascaramento Temporal: Benefício da Modulação do Mascaramento e Compressão Temporal da Fala
Age Effects in Auditory Temporal Processing: Modulation Masking Release and Time Speech Compressed

Resumo

Introdução: O processamento dos aspectos temporais da audição tende a diminuir com o avanço da idade. Um destes aspectos é o benefício da modulação do mascaramento que se apresenta reduzido na população idosa quando comparada a população adulta. Uma variedade de fatores, não mutuamente exclusivos, vem sendo examinados como um fator crucial para o reduzido BMM, tais como a audibilidade, o aumento do pós-mascaramento e a redução da redundância de fala.

Objetivo: Investigar o efeito da idade no benefício da modulação do mascaramento (BMM) em função da redundância do material de fala. **Método:** O estudo mediu os limiares de reconhecimento de fala em função do nível de compressão temporal da fala (0, 33 e 55%) em presença de ruído estável e modulado em indivíduos com audição normal, pertencentes a três diferentes faixas etárias: jovens, adultos de meia idade e idosos. **Resultados:** A análise revelou um efeito significativo da idade ($F[2,81] = 40.579$; $p < 0,001$); um efeito significativo do tipo de mascaramento ($F[1,81] = 310.433$; $p < 0,001$); efeito significativo do nível de compressão temporal da fala nos

limiares de reconhecimento de fala ($F[2,81] = 216.534$; $p < 0,001$); uma interação significativa entre o tipo de mascaramento e a idade ($F[2,53] = 5,776$; $p < 0,005$) e uma interação significativa entre o tipo de mascaramento e o nível de compressão temporal da fala ($F[2,81] = 22.568$; $p < 0,001$). As magnitudes do benefício da modulação do mascaramento também foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA). A análise revelou um efeito principal significativo da idade ($F[2,81] = 4.912$; $p < 0,01$); um efeito significativo do nível de compressão temporal da fala ($F[2,81] = 22.709$; $p = 0,01$). Contudo, não foi observada nenhuma interação entre a idade e o nível de compressão temporal da fala ($F[4,81] = 0.508$; $p = 0,730$).

Conclusão: O presente estudo demonstrou que idosos com a audição normal exibiram um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos adultos jovens e aos adultos de meia idade em todos os níveis de compressão temporal da fala.

Descritores: Audição. Percepção da Fala. Ruído. Efeito Idade

Abstract

Introduction: The processing of the temporary aspects of hearing tends to decrease with advancing age. One of the most effective modulation masking is reduced in the elderly population when compared to the adult population. A variety of factors, not mutually exclusive, have been examined as a crucial factor for reduced BMB, such as audibility, increased post-masking, and reduced speech redundancy. **Purpose:** To investigate the effect of age without the benefit of masking modulation (BMM) due to the redundancy of the speech material. **Methods:** The study measured speech

recognition thresholds as a function of time-compression of the speech (0, 33, and 50%) in the presence of steady and modulated noise at 10 Hz for different age groups. **Results:** The analysis indicated a significant effect of age ($F [2,81] = 40.579$; $p < 0.001$); a significant effect of masker type ($F [1,81] = 310,433$; $p < 0.001$); a significant effect of TC level on speech recognition thresholds ($F [2,81] = 216.534$; $p < 0,001$); a significant interaction between masking type and age ($F [2,53] = 5,776$; $p < 0,005$); and a significant interaction between masker type and TC level ($F [2,81] = 22,568$, $p < 0.001$). The modulation masking release magnitudes were submitted to an analysis of variance (ANOVA). The analysis indicated a significant effect of age ($F [2,81] = 4.912$, $p < 0.01$); a significant effect of TC level ($F [2,81] = 22,709$; $p = 0,01$). However, the interaction between age and TC level ($F [4,81] = 0,508$, $p = 0,730$) was not observed. **Conclusion:** The present study demonstrated that elderly subjects with normal hearing had a lower benefit of masking modulation in relation to young adults and adults with mean of all time compression levels of speech.

Key-Words: Hearing. Perception of speech. Noise. Age Effect

Introdução

A população idosa apresenta dificuldade na compreensão de fala, particularmente quando a fala é degradada em tempo. A presença da perda auditiva entre muitos idosos impõe um déficit adicional no reconhecimento de fala que é evidente em silêncio, no ruído e na maioria das formas degradadas da fala. Apesar disso, há evidência de que a deterioração relacionada com a idade no desempenho do reconhecimento de fala ultrapassa o que pode ser atribuído exclusivamente a perda auditiva. Alguns fatores parecem contribuir para este déficit no reconhecimento de fala relacionada à idade, tais como a quantidade de distorções de estímulo, o tamanho da tarefa de recordação e da disponibilidade de pistas contextuais (GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 2004). Presumivelmente, outros fatores, como a resolução temporal ou demandas cognitivas também podem desempenhar um papel significativo (GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1993; GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1997).

As habilidades de processamento temporal auditivo tendem a diminuir com o avanço da idade, independentemente da perda auditiva (GORDON-SALANT, 2006). Embora esta afirmativa tenha encontrado respaldo científico para muitos aspectos do processamento temporal, apresentam algumas divergências no que diz respeito ao processamento dos envelopes temporais do som.

Alguns estudos sugerem que idosos não apresentam déficits no processamento do envelope temporal (PETERS; HALL 1994; TAKAHASHI; BACON 1992). Em contrapartida, em termos de reconhecimento de fala na presença de ruído modulado, alguns estudos têm demonstrado reduções relacionadas à idade no benefício da modulação do mascaramento (DUBNO et al, 2003; GEORGE et al, 2007; GIFFORD et al, 2007).

O benefício da modulação do mascaramento (BMM) refere-se a melhora substancial que ocorre no desempenho do reconhecimento de fala na presença de um ruído modulado quando comparado ao desempenho do reconhecimento de fala na presença de um ruído estável apresentado na mesma relação sinal ruído (MILLER; LICKLIDER, 1950; FESTEN; PLOMP, 1990; TAKAHASHI; BACON, 1992; ADVÍNCULA et al, 2013; GROSE et al, 2015).

Acredita-se que o benefício da modulação do mascaramento possa ser explicado pelos momentos na redução dos níveis de mascaramento (momentos de mínima intensidade do ruído modulado), proporcionando ao ouvinte breves “*vislumbres*” da informação de fala, e conseqüente relação fala-ruído (RFR) mais favorável (MILLER; LICKLIDER, 1950; DIRKS; BOWER, 1970; HOWARD-JONES; ROSEN, 1993).

O sistema auditivo do ouvinte “*segue*” temporalmente o envelope do ruído mascarante, isto é, nos momentos em que a RFR é menos favorável (quando o ruído está modulado em sua máxima intensidade) e, nos momentos em que a RFR é mais favorável (quando o ruído está modulado em sua mínima intensidade). A capacidade de se beneficiar do ruído modulado depende, em parte, da fidelidade com que o envelope do ruído mascarante é codificado pelo sistema auditivo (BUSS et al, 2009).

Retornando a questão do reduzido benefício do mascaramento modulado apresentado por idosos, uma variedade de fatores, não mutuamente exclusivos, vem sendo examinados. Alguns estudos têm destacado os limiares auditivos como um fator crucial para o reduzido benefício da modulação do mascaramento (TAKAHASHI; BACON, 1992; DESLOGE et al, 2010), enquanto outros pesquisadores tem levantado a possibilidade da redução da redundância de fala

(BUSS et al, 2009). Se a redução da redundância de fala afeta ouvintes idosos mais do que ouvintes mais jovens, um prejuízo no BMM será observado (BUSS et al, 2009). Com isso, o benefício da modulação do mascaramento deve ser sensível à redundância de fala.

A proposta desta pesquisa foi estudar se o processamento temporal auditivo é degradado em idosos com audição normal. Para isso a pesquisa investigou o efeito da idade no benefício da modulação do mascaramento em função da redundância do material de fala. Buscou-se testar a hipótese de que idosos com audição normal exibem um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos ouvintes mais jovens e, em especial, para a fala menos redundante.

Para tal, verificou-se o efeito do tipo de ruído mascarante (ruído estável e modulado), da idade, e do nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala em presença do ruído estável e modulado; analisou-se a interação entre a idade e o tipo de ruído mascarante, entre o nível de compressão temporal da fala e o tipo de ruído mascarante, e entre as três variáveis; verificou-se o efeito da idade no benefício da modulação do mascaramento, e o efeito do nível de compressão temporal da fala no benefício da modulação do mascaramento; por fim, analisou-se a interação entre a idade e o nível de compressão temporal da fala no benefício da modulação do mascaramento.

Método

Sujeitos

Participaram desse experimento 30 adultos jovens (15 do sexo feminino) com idade variando de 17-28 anos (média de 21,5 anos), 30 adultos de meia idade (20

do sexo feminino) com idade variando de 40-57 anos (média de 46,9 anos) e 30 idosos (25 do sexo feminino) com idade variando de 60-75 anos (média de 64,5 anos). Todos eram falantes nativos do Português do Brasil e apresentaram audição normal (limiões tonais ≤ 25 dB NA para as frequências de oitava 250-8000 Hz e inter-oitavas 3000 Hz e 6000 Hz na orelha de teste para adulto jovens e adultos de meia idade, e limiões tonais ≤ 25 dB NA para as frequências de oitava 250-4000 Hz e inter-oitava de 3000 Hz na orelha de teste para idosos). Nenhum sujeito relatou história de doença otológica ou neurológica. Todos concordaram em participar do estudo através da assinatura do TCLE. Este estudo foi aprovado por Comitê de Ética Americano, Institutional Review Board (IRB), sob o número 11-1113 e pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, sob o número 02466612.2.0000.5208.

Estímulo

Os estímulos de fala utilizados neste experimento foram as sentenças do *Hearing in Noise Test* (HINT) na versão do Português Brasileiro. As sentenças foram apresentadas em seu formato original, sem compressão temporal da fala (compressão temporal da fala [CTF] = 0%), e em dois níveis de compressão temporal da fala, nos quais um terço (CTF = 33%) ou metade (CTF = 50%) do tempo de apresentação da sentença haviam sido removidos. A compressão temporal da fala foi realizada usando o algoritmo do proprietário iZotope Radius, no Adobe Audition™, que especifica uma mudança estipulada de duração da forma de onda, mantendo o realismo da fala.

O ruído mascarante possuía o mesmo espectro de frequência das sentenças originais. O ruído estável foi apresentado em uma intensidade fixa de 65 dB NPS e o

ruído modulado em amplitude apresentou modulações realizadas por uma onda quadrática entre 65 e 30 dB NPS, com taxa de modulação a 10 Hz.

Os estímulos foram enviados para o ouvinte, através de uma plataforma digital de processamento de sinal (RX6, Tucker-Davis Technologies) e apresentado à orelha direita através de um fone auditivos Sennheiser HD580.

Procedimentos

Os sujeitos foram testados em uma cabina acústica e orientados a repetir cada sentença da forma como era percebida. À medida que cada sentença era apresentada ao sujeito, o texto da sentença era apresentado ao pesquisador simultaneamente na tela do computador, com todas as palavras em destaque num retângulo sombreado sensível à marcação. O pesquisador utilizou o *mouse* do computador para marcar as palavras que foram omitidas ou repetidas incorretamente pelo participante. Para a proposta do procedimento adaptativo, no qual os limiares de reconhecimento de sentença convergem para 71% de acerto (LEVITT, 1971), a sentença enunciada pelo participante foi considerada como “sentença correta” ou “sentença incorreta”. Para ser considerada “sentença correta”, o participante deveria repetir a sentença da mesma forma como emitida. Qualquer divergência entre o som que foi emitido e a enunciação do participante resultou em uma pontuação “sentença incorreta”. Após duas sentenças corretas, o nível de intensidade da apresentação da próxima sentença era reduzido em 2 dB; após uma sentença incorreta, o nível de intensidade da apresentação da próxima sentença era aumentado em 2 dB. A cada inversão no sentido, entre aumento e diminuição da intensidade, ocorria o que se chamou de ‘reversão’, e a busca terminava após seis reversões serem adquiridas. Uma estimativa do limiar era então definida como a

média dos quatro níveis de intensidade das últimas quatro reversões. Para cada participante a escolha do tipo de ruído mascarante inicial foi feita de forma randômica.

Para cada participante, foram determinadas três estimativas limiares de reconhecimento de fala para a condição teste com a presença de ruído mascarante estável, e outras três estimativas de limiar para a condição teste com a presença de ruído mascarante modulado a 10 Hz. Uma estimativa adicional era obtida se a diferença entre as três estimativas fosse igual ou maior que 3 dB. O limiar de reconhecimento de fala era finalmente determinado como a média de todas as estimativas obtidas. O cálculo do BMM foi realizado a partir da diferença entre o limiar de reconhecimento de fala em presença de ruído estável (tomado como referência) e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado.

Com o objetivo de se evitar um efeito de aprendizagem das sentenças de teste, cada sentença foi apresentada apenas uma vez para cada participante. Por isso, um único sujeito pôde apenas ser testado em nível de compressão temporal de fala (0%, 33%, ou 50%). Dessa forma, cada faixa etária contou com três grupos de dez indivíduos, pois a quantidade de sentenças utilizadas para a obtenção das estimativas de limiares para ambos os tipos de ruído (estável e modulado) aproximou-se do número máximo de sentenças disponíveis (sem que o sujeito escutasse qualquer sentença mais de uma vez). O procedimento adaptativo, incluindo a apresentação do estímulo, foi controlado por um *script* Matlab™ personalizado.

As variáveis analisadas neste estudo foram o tipo de ruído mascarante (ruído estável e ruído modulado), o nível de compressão do temporal da fala (0%, 33%, ou 50%) e a idade (adultos jovens, adultos de meia idade e idosos).

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com um fator dentro sujeitos (tipo de ruído mascarante) e dois fatores entre sujeitos (nível de compressão temporal da fala e idade).

Com o fator dentro sujeitos, foi possível verificar o efeito do tipo de ruído mascarante (ruído estável e modulado) nos limiares de reconhecimento de fala; bem como analisar: (i) a interação entre o tipo de ruído mascarante e o nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala; (ii) a interação entre o tipo de ruído mascarante e a idade nos limiares de reconhecimento de fala; e, (iii) a interação entre o tipo de ruído mascarante, o nível de compressão temporal da fala e a idade nos limiares de reconhecimento de fala.

Por meio do fator entre sujeitos, foi possível verificar: (i) o efeito do nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado e (ii) o efeito da idade nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado; analisou-se a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a idade nos limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado.

Por fim, foi realizada uma ANOVA para as magnitudes do BMM possibilitando verificar: (i) o efeito do nível de compressão temporal da fala no benefício da modulação do mascaramento e (ii) o efeito da idade do sujeito no benefício da modulação do mascaramento; e analisou-se a interação entre o nível de compressão temporal da fala e a idade no benefício da modulação do mascaramento.

Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados na Figura 1. Observa-se que a média dos limiares de reconhecimento de fala nas diferentes faixas etárias são plotados para cada nível de compressão temporal da fala. A média dos limiares encontrados em presença de ruído estável comparados ao ruído modulado para adultos jovens são apresentados, respectivamente, como círculos cheios e vazios vermelhos; em presença de ruído estável comparado ao ruído modulado para adultos de meia idade são apresentados, respectivamente, como quadrados cheios e vazios verdes; e por fim, em presença de ruído estável comparado ao ruído modulado para idosos são apresentados, respectivamente, como triângulos cheios e vazios azuis (barras de erro de 1 DP).

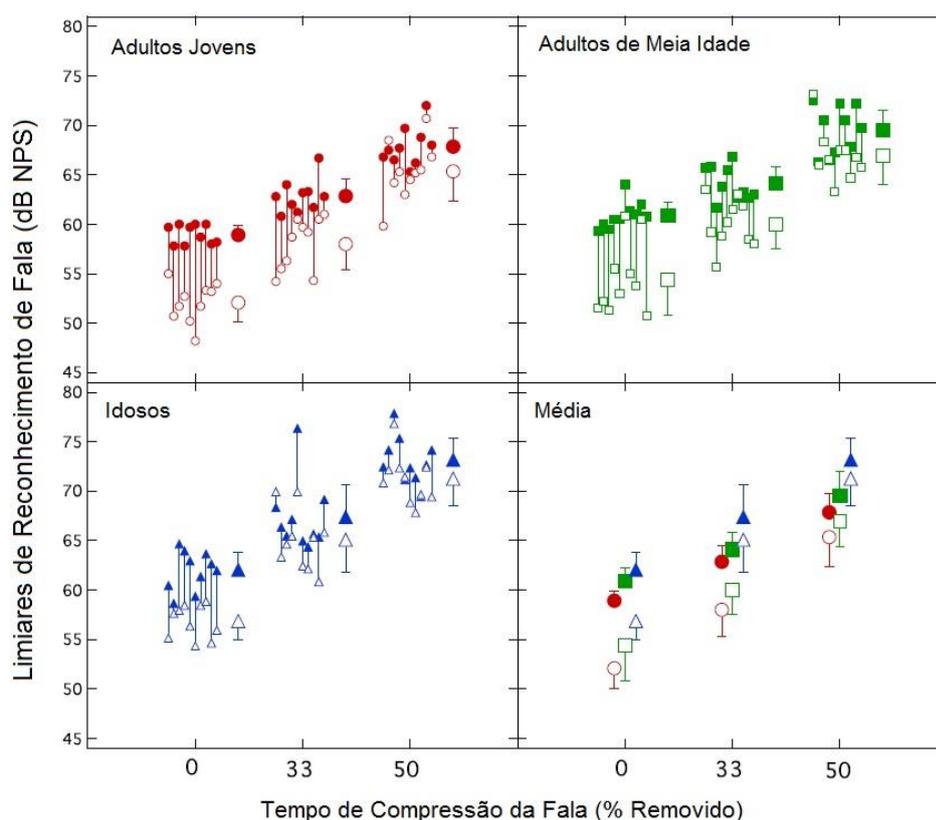


Figura 1. Limiars de reconhecimento de fala nas diferentes faixas etárias são plotados para cada nível de compressão do temporal da fala. Média dos limiars de reconhecimento em presença de ruído estável (círculo vermelho cheio) e modulado (círculo vermelho vazio) para adultos jovens. Média dos limiars de reconhecimento em presença de ruído estável (quadrado verde cheio) e modulado (quadrado verde vazio) para adultos de meia idade. Média dos limiars de reconhecimento em presença de ruído estável (triângulo azul cheio) e modulado (triângulo azul vazio) para idosos. Barras de erro de 1DP.

Os resultados obtidos com a fala não comprimida em tempo (CTF = 0%) mostram uma média dos limiars de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e de ruído modulado para adultos jovens, respectivamente de 58,99 dB NPS (DP = 0,98 dB) e 52,07 dB NPS (DP = 2,0 dB). A média dos limiars de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado para adultos de meia idade foram de 60,89 dB NPS (DP = 1,36 dB) e 54,43 (DP = 3,63 dB), respectivamente. Por fim, os limiars de reconhecimento de fala na presença de ruído e modulado para idosos foram, respectivamente, de 61,81 dB NPS (DP = 2,0 dB) e 56,63 dB NPS (DP = 1,706 dB). A magnitude média do benefício do

macaramento modulardo (BMM) foi, portanto, de 6,94 dB, 6,47 dB e 5,18 dB, respectivamente.

Para CTF = 33%, a média dos limiares de reconhecimento de fala no ruído estável e modulado para adultos jovens foram, respectivamente, de 62,85 dB NPS (DP = 1,68 dB) e 57,99 dB NPS (DP = 2,66 dB). Para o ruído estável e modulado para adultos de meia idade foram de 64,10 dB NPS (DP = 1,71 dB) e 60,02 dB NPS (DP = 2,44 dB), respectivamente. Por fim, para o ruído estável e modulado para idosos foram, respectivamente, de 67,16 dB NPS (DP = 3,52 dB), e 64,85 dB NPS (DP = 3,07 dB), produzindo um BMM de 4,87 dB, 4,09 e 2,29 dB, respectivamente.

Para CTF = 50%, a média dos limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável e modulado para adultos jovens foram, respectivamente, de 67,85 dB NPS (DP = 1,94 dB) e 65,35 dB NPS (DP = 2,96 dB). Para o ruído estável e o ruído modulado para adultos de meia idade foram de 69,55 dB NPS (DP = 2,42 dB) e 66,96 dB NPS (DP = 2,63 dB), respectivamente. Para o ruído estável e modulado para idosos foram, respectivamente, de 72,94 dB NPS (DP = 2,39 dB) e 71,04 dB dB NPS (DP = 2,54 dB), resultando em 2,49 dB, 2,58 e 1,91 dB de BMM, respectivamente.

A média dos limiares de reconhecimento de sentença em presença de ruído estável e nas diferentes faixas etárias, bem como o BMM foram ainda plotados na Tabela 1 para os três níveis de compressão temporal da fala. Os dados na Figura 1 e Tabela 1 sugerem-se três características: (1) Os limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável e modulado de ouvintes idosos são mais elevados que o de ouvintes mais jovens, em todos os níveis de compressão temporal da fala; e (2) ouvintes idosos mostraram um menor benefício da modulação do

mascamamento em relação aos ouvintes mais jovens em todos os níveis de compressão temporal da fala.

Tabela 1. Média dos limiares de reconhecimento de fala (dB NPS) na presença de ruído estável e modulado, e BMM (dB) para cada um dos três níveis de compressão temporal da fala em cada faixa etária. Desvios-padrão entre parênteses.

Adulto Jovem	Ruído Estável	Ruído Modulado	BMM
CTF = 0%	58,99 (0,98)	52,07 (2,0)	6,94
CTF = 33%	62,85 (1,68)	57,99 (2,66)	4,87
CTF = 50%	67,85 (1,94)	65,35 (2,96)	2,49
Adulto de Meia Idade	Ruído Estável	Ruído Modulado	BMM
CTF = 0%	60,89 (1,36)	54,43 (3,63)	6,47
CTF = 33%	64,10 (1,71)	60,02 (2,44)	4,09
CTF = 50%	69,55 (2,42)	66,96 (2,63)	2,58
Idoso	Ruído Estável	Ruído Modulado	BMM
CTF = 0%	61,81 (2,00)	56,63 (1,70)	5,18
CTF = 33%	67,16 (3,52)	64,85 (3,07)	2,29
CTF = 50%	72,94 (2,39)	71,04 (2,54)	1,91

Como as variáveis analisadas foram o tipo de ruído mascarante, o nível de compressão do temporal da fala (CTF) e a idade dos sujeitos, para analisar os padrões das respostas acima, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, com um fator dentro sujeitos (tipo de ruído mascarante: ruído estável, ruído modulado) e dois fatores entre sujeitos (nível CTF: 0%, 33% e 50%; e idade: adulto jovem, adulto de meia idade e idosos). As magnitudes do benefício do mascaramento modulado também foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA).

A análise revelou um efeito significativo da idade ($F[2,81] = 40.579$; $p < 0,001$), indicando que os limiares de reconhecimento de fala pioram com o aumento da idade para ambos os mascaramentos estáveis e modulados; um efeito significativo do tipo de mascaramento ($F[1,81] = 310.433$; $p < 0,001$), indicando que os limiares de reconhecimento de fala em presença de um ruído estável são piores do que na

presença do ruído modulado e uma interação significativa entre o tipo de mascaramento e a idade ($F[2,53] = 5,776$; $p < 0,005$), indicando que a diferença entre os limiares de reconhecimento de fala na presença de ruído estável e modulado diminuiu com o aumento da idade. Para determinar se o BMM diminuiu com o aumento da idade uma segunda ANOVA foi realizada nas magnitudes do BMM. A análise revelou um efeito principal significativo da idade sobre o benefício da modulação do mascaramento ($F[2,81] = 4.912$; $p < 0,01$), indicando que a magnitude do BMM diminuiu com o aumento da idade.

Nas últimas décadas, muitos estudos têm comparado o reconhecimento de fala em ruído de fundo estável com ruído de fundo modulado, apresentados na mesma relação falal-ruído (RFR) (MILLER; LICKLIDER, 1950; DUQUESNOY, 1983; FESTEN; PLOMP 1990; TAKAHASHI; BACON, 1992; GUSTAFSSON; ARLINGER 1994; PETERS et al, 1998; QIN, OXENHAM 2003; GROSE et al, 2009; ADVÍNCULA et al, 2013; GROSE et al, 2015). Estes estudos demonstram que, em ouvintes com audição normal, o desempenho no reconhecimento de fala é substancialmente melhor na presença de um ruído modulado em comparação com o ruído estável, fenômeno referido como “*modulation masking release*” (GROSE et al, 2015) ou benefício da modulação do mascaramento (BMM) como adotado nesta pesquisa. Como já descrito, acredita-se que o BMM possa ser explicado pelos momentos na redução dos níveis de mascaramento (momentos de mínima intensidade do ruído modulado), proporcionando ao ouvinte breves “*vislumbres*” da informação de fala, e consequente RFR mais favorável (MILLER; LICKLIDER 1950; DIRKS; BOWER, 1970; HOWARD-JONES; ROSEN 1993).

Esses resultados, corroborados por outros estudos (Dubno et al, 2003; George et al, 2007; Gifford et al, 2007), afirmam que ouvintes idosos com audição

normal exibem limiares de reconhecimento de fala mais elevados, com um maior aumento dos limiares de reconhecimento de fala para ruído modulado que para o ruído estável, resultando em um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos ouvintes mais jovens.

Algumas hipóteses têm sido sugeridas para explicar a redução no BMM na população idosa. Uma das hipóteses seria um aumento do pós-mascaramento (*forward masking*) (GIFFORD et al, 2007), ou seja, o mascaramento que torna inaudível um som imediatamente após o mascaramento (DIRKS; BOWER, 1970; GELFAND, 2010).

Como explicado anteriormente, em termos de reconhecimento de fala na presença de ruído modulado, pode-se dizer que o ruído mascaramento varia em amplitude (intensidade) ao longo do tempo fornecendo breves intervalos em que a relação fala ruído é mais favorável e, por conseguinte, breves intervalos de tempo em que a relação fala ruído é menos favorável. Ouvintes com audição normal aproveitam esses momentos em que a relação fala-ruído é mais favorável para extrair as informações de fala. Acredita-se que em idosos, os espaços temporais de menor amplitude de mascaramento (momentos em que a relação fala ruído se torna mais favorável), terminam sendo “menores”, devido ao aumento do pós-mascaramento, acarretando assim um menor BMM (GIFFORD; BACON, 2005).

Os efeitos da idade para o pós-mascaramento são pouco incisivos. Apesar de um estudo psicofísico demonstrar esse efeito como mais pronunciado para os ouvintes idosos, mesmo na presença de função coclear normal (GIFFORD; BACON, 2005), em outro estudo não se identificou o efeito da idade para o pós-mascaramento (DUBNO et al, 2003). Corroborando com este último achado, um estudo (SOMMERS; GEHR, 2010) apresentou resultados semelhantes do pós-

mascamamento entre ouvintes jovens e idosos com audição normal. O efeito do pós-mascaramento ocorre possivelmente porque as células ciliadas estimuladas recentemente não apresentam sensibilidade igual as que estavam em repouso. Estas células apresentam um tempo limite de recuperação da sua sensibilidade após o término de um som e a magnitude da recuperação depende da duração do som. Se um som de frequência similar ocorre durante o período de recuperação, as células ciliadas podem não ser capazes de processar o som e conseqüentemente, esse som pode ser inaudível (GUYTON; HALL, 2006).

Uma vez que estes resultados confirmam dados anteriores, a principal questão de interesse nesse experimento foi como o nível de compressão temporal da fala e a idade podem influenciar o benefício da modulação do mascaramento. Para investigar essa questão, foi dado prosseguimento a análise estatística.

A análise estatística revelou um efeito significativo do nível de compressão temporal da fala nos limiares de reconhecimento de fala ($F[2,81] = 216.534$; $p < 0,001$) e uma interação significativa entre o tipo de mascaramento e o nível de compressão temporal da fala ($F[2,81] = 22.568$; $p < 0,001$), indicando que os limiares de reconhecimento de fala pioraram com o aumento do nível de compressão temporal da fala, com maior elevação dos limiares para o ruído modulado. Para determinar se o BMM diminuiu em função da idade com a fala comprimida, o teste ANOVA realizado nas magnitudes do BMM revelou um efeito significativo do nível de compressão temporal da fala no benefício da modulação do mascaramento ($F[2,81] = 22.709$; $p = 0,01$), indicando que a magnitude do BMM diminuiu com o aumento do nível de compressão temporal da fala. Contudo, não foi observada nenhuma interação entre a idade e o nível de compressão temporal da fala ($F[4,81] = 0.508$; $p = 0,730$).

Os resultados aqui apresentados indicam um efeito da idade sobre a magnitude do BMM observado tanto para fala sem compressão temporal ([CTF] = 0%) como para a fala com compressão temporal (CTF = 33% e CTF = 50%).

Vários estudos têm mostrado que a habilidade de reconhecer a fala comprimida em tempo é muitas vezes reduzida em ouvintes idosos ([GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 2004](#); [WINGFIELD et al, 2006](#); [JENSTAD](#); [SOUZA, 2007](#)), embora essa dificuldade apresentada por idosos com a fala comprimida em tempo dependa de uma complexa interação de fatores, incluindo a taxa de compressão, método de compressão e do tipo de material de fala.

[Vaughan e Letowski](#) (1997) verificaram que os idosos não apresentaram déficits substanciais no reconhecimento de sentenças altamente previsíveis até que a taxa de compressão temporal foi aumentada acima de 60%. Em contrapartida, compressão de tempo de até 50% pode resultar em déficits de desempenho para material de sentença de baixa previsibilidade ([GORDON-SALANT et al, 2007](#)). Desta forma os efeitos da compressão da fala em tempo dependem da redundância contextual.

Outro fator que pode afetar o desempenho são as características acústicas da fala comprimida em tempo. [Schneider e colaboradores](#) (2005) comparou os efeitos de diferentes algoritmos de compressão e verificaram que o reconhecimento de fala comprimida em tempo pela população idosa foi minimamente afetado se o algoritmo de compressão removia apenas os segmentos de estado estável (como por exemplo, pausas ou lacunas entre sílabas e palavras), preservando características chave da fala.

Embora seja intuitivo que os déficits na percepção de fala comprimida em tempo possam também refletir em um abrandamento geral da velocidade de

processamento em adultos mais velhos, [Jenstad e Souza \(2007\)](#) mostraram que os déficits fala comprimida em tempo estão associadas principalmente com a perda da redundância acústica do sinal de fala ao invés da perda de velocidade de processamento no ouvinte.

A redundância de fala como fator que influencia na redução do benefício da modulação do mascaramento na população idosa se baseia na dispersão das pistas de fala disponíveis, uma vez que estas se tornam restritas na presença ruído modulado devido às limitadas “janelas” durante as quais a fala pode ser vislumbrada ([MILLER; LICKLIDER 1950](#); [BUSS et al, 2004](#); [COOKE 2006](#)). Desta forma, restringindo-se as pistas de fala, pode-se considerar que há uma redução na redundância de fala.

Com isso o reduzido benefício da modulação do mascaramento em idosos quando comparado a população mais jovem com o aumento do nível de compressão temporal da fala pode ser causado por uma redução na habilidade de reconstruir o sinal de fala partir dos disponíveis “vislumbres” durante a redução da intensidade do ruído mascarante, bem como deve ser o resultado de pistas de fala residuais pobres existentes durante esses os mínimos mascarados ([GROSE et al, 2009](#)).

O experimento realizado neste estudo testou a hipótese de que idosos apresentavam menor benefício da modulação do mascaramento quando comparado a ouvintes mais jovens e, especialmente, para a fala comprimida em tempo.

Considerando que os idosos com audição normal mostraram reduzidos benefício da modulação do mascaramento tanto para de fala sem compressão temporal quanto para a fala comprimida em tempo (33% e 50%) quando comparado aos indivíduos jovens, consideramos que esta hipótese foi aceita.

Em resumo, os resultados descritos neste experimento sugerem que a magnitude do benefício da modulação do mascaramento para a população idosa com audição normal é influenciada pela qualidade inerente de pistas de fala disponíveis do envelope mascarado, ou seja, pela a redundância mais constringida do material de fala.

Conclusões

O presente estudo demonstrou que idosos com a audição normal exibiram um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos ouvintes mais jovens e, em especial, para a fala comprimida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o auxílio do Professor Dr. John H. Grose, da Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill. Esta pesquisa foi apoiada pelo *National Institute Of Health* (NIH), órgão de fomento dos Estados Unidos, em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco (processos: R03DC012278 e R01DC001507 do Edital: NIH NIDCD).

REFERÊNCIAS

Advíncula, K.P.; Menezes, D.C.; Pacífico, F.A.; Griz, S. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. **Audiology - Communication Research**, v.18, n.4, p.238-244, 2013.

Bacon, S.P.; Opie, J.M.; Montoya, D.Y. The Effects of Hearing Loss and Noise Masking on the Masking Release for Speech in Temporally Complex Backgrounds. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.41, n.3, p.549, 1998.

Beasley, D.S.; Schwimmer, S; Rintelmann, W.F. Intelligibility of time-compressed CNC monosyllables. **Journal of speech and hearing research**, v.15, n.2, p.340-50, 1972.

Buss, E., Whittle, L.N.; Grose, J.H.; Hall, J.W. 3rd. Masking release for words in amplitude-modulated noise as a function of modulation rate and task. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.126, n.1, p.269-280, 2009.

Buss, E.; Hall, J.W.; Grose, J.H. Spectral integration of synchronous and asynchronous cues to consonant identification. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.115, n.5, p.2278-85, 2004.

Calearo, C.; Lazzaroni, A. Speech intelligibility in relation to the speed of the message. **The Laryngoscope**, v.67, n.5, p.410-9, 1957.

Cooke, M. A glimpsing model of speech perception in noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.119, n.3, p.1562-73, 2006.

Desloge JG; Reed CM; Braida LD; Perez ZD; Delhorne LA. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.128, n.1, p.342-59, 2010.

Dirks, D.D.; Bower, D. Effect of forward and backward masking on speech intelligibility. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.47, n.4, p.1003-8, 1970.

Dirks, D.D.; Bower, D.R. Influence of pulsed masking on spondee words. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 50(4), p.1204-7, 1971.

Dirks, D.D.; Wilson, R.H.; Bower, D.R. Effect of Pulsed Masking on Selected Speech Materials. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.46, n.4, p.898-906, 1969.

Dubno, J.R.; Horwitz, A.R.; Ahlstrom, J.B. Recovery from prior stimulation: masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.113, n.4 Pt 1, p.2084-94, 2003.

Duquesnoy, A.J. Effect of a single interfering noise or speech source upon the binaural sentence intelligibility of aged persons. **The Journal of the Acoustical**

Society of America, v.74, n.3, p.739-43, 1983.

Bocca, E.; Calearo, C. Central Hearing Process. In J. Jerger, ed. *Modern Developments in Audiology*, New York: Academic Press, p. 337-370, 1963.

Fairbanks, G.; Kodman, F. Word Intelligibility as a Function of Time Compression. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.29, n.5, p.636-641, 1957.

Festen, J.M.; Plomp, R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.88, n.4, p.1725-36, 1990.

Füllgrabe, C.; Berthommier, F.; Lorenzi, C. Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. **Hearing Research**, v.211, n.1-2, p.74-84, 2006.

Gelfand, S.A. *Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics* 5th ed., Informa Healthcare, 2010.

George, E.L.; Zekveld, A.A.; Kramer, S.E.; Goverts, S.T.; Festen, J.M.; Houtgast, T. Auditory and nonauditory factors affecting speech reception in noise by older listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.121, n.4, p.2362-75, 2007.

Gifford, R.H.; Bacon, S.P. Psychophysical estimates of nonlinear cochlear processing in younger and older listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.118, n.6, p.3823-33, 2005.

Gifford, R.H.; Bacon, S.P.; Williams, E.J. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v.50, n.4, p.857-64, 2007.

Gordon-Salant, S. Speech Perception and Auditory Temporal Processing Performance by Older Listeners: Implications for Real-World Communication. **Seminars in Hearing**, v.27, n.4, p.264-268, 2006.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Effects of stimulus and noise rate variability on speech perception by younger and older adults. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.115, n.4, p.1808-1817, 2004.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Selected Cognitive Factors and Speech

Recognition Performance Among Young and Elderly Listeners. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v.40, n.6, p.423-431, 1997.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Temporal Factors and Speech Recognition Performance in Young and Elderly Listeners. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.36, n.6, p.1276, 1993.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J.; Friedman, S.A. Recognition of time-compressed and natural speech with selective temporal enhancements by young and elderly listeners. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v.50, n.5, p.1181-93, 2007.

Grose, J.H.; Griz, S.; Pacífico, F.A.; Advíncula, K.P.; Menezes, D.C. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. **International Journal of Audiology**, v.54, n.4, p.274-81, 2015.

Grose, J.H.; Mamo, S.K; Hall, J.W. Age Effects in Temporal Envelope Processing: Speech Unmasking and Auditory Steady State Responses. **Ear and Hearing**, v.30, n.5, p.568-575, 2009.

Gustafsson, H.A.; Arlinger, S.D. Masking of speech by amplitude-modulated noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.95, n.1, p.518-29, 1994.

Guyton, A.C.; Hall, J.E. Textbook of medical physiology 11th Ed. Elsevier Saunders, ed., Philadelphia, 2006.

Howard-Jones, P.; Rosen, S. The perception of speech in fluctuating noise. **Acta Acustica United with Acustica**, v.78, n.5, p.258-272, 1993.

Jenstad, L.M.; Souza, P.E. Temporal envelope changes of compression and speech rate: combined effects on recognition for older adults. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v.50, n.5, p.1123-38, 2007.

Levitt, H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.49, n.2, p.Suppl 2:467+, 1971.

Lorenzi, C; Husson, M.; Ardoint, M.; Debrulle, X. Speech masking release in listeners with flat hearing loss: effects of masker fluctuation rate on identification scores and phonetic feature reception. **International Journal of Audiology**, v.45, n.9, p.487-95, 2006.

Miller, G.A.; Licklider, J.C.R. The Intelligibility of Interrupted Speech. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.22, n.2, p.167-173, 1950.

Oxenham, A.J.; Simonson, A.M. Masking release for low- and high-pass-filtered speech in the presence of noise and single-talker interference. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.125, n.1, p.457-68, 2009.

Peters, R.W.; Hall, J.W. Comodulation masking release for elderly listeners with relatively normal audiograms. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.96, n.5 Pt 1, pp.2674-82, 1994.

Peters, R.W.; Moore, B.C.; Baer, T. Speech reception thresholds in noise with and without spectral and temporal dips for hearing-impaired and normally hearing people. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.103, n.1, p.577-87, 1998.

Qin, M.K.; Oxenham, A.J. Effects of simulated cochlear-implant processing on speech reception in fluctuating maskers. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.114, n.1, p.446-54, 2003.

Schneider, B.A.; Daneman, M.; Murphy, D.R. Speech comprehension difficulties in older adults: cognitive slowing or age-related changes in hearing? **Psychology and Aging**, v.20, n.2, p.261-71, 2005.

Sommers, M.S.; Gehr, S.E. Two-tone auditory suppression in younger and older normal-hearing adults and its relationship to speech perception in noise. **Hearing Research**, v. 264, n.1-2, p.56-62, 2010.

Stuart, A.; Phillips, D.P. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. **Ear and hearing**, v.17, n.6, p.478-89, 1996.

Takahashi, G.A.; Bacon, S.P. Modulation detection, modulation masking, and speech understanding in noise in the elderly. **Journal of speech and hearing research**, v.35, n.6, p.1410-21, 1992.

Vaughan, N.E.; Letowski, T. Effects of Age, Speech Rate, and Type of Test on Temporal Auditory Processing. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.40, n.5, p.1192, 1997.

Viemeister, N.F. Temporal modulation transfer functions based upon modulation

thresholds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.66, n.5, p.1364-80, 1979.

Wingfield, A.; McCoy, S.L.; Peelle, J.E.; Tun, P.A.; Cox, L.C. Effects of adult aging and hearing loss on comprehension of rapid speech varying in syntactic complexity. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.17, n.7, p.487-97, 2006.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou achados relativos ao processamento temporal auditivo de jovens e idosos brasileiros, mais especificamente ao benefício da modulação do mascaramento. Com este estudo foi possível:

- (1) Verificar que a magnitude do benefício do mascaramento modulado diminuiu com o aumento da compressão temporal da fala em todas as faixas etárias;
- (2) Verificar as reduções no benefício do mascaramento modulado em função do nível de compressão temporal da fala não diferiram entre as taxas de modulações do ruído mascarante (4 Hz, 10 Hz e 32 Hz) para os indivíduos jovens;
- (3) Verificar que idosos com a audição normal exibiram um menor benefício da modulação do mascaramento em relação aos ouvintes mais jovens e, em especial, para a fala menos redundante.

Os achados descritos acima fortalecem o raciocínio de que a dificuldade de idosos compreenderem a fala em ambientes ruidosos é influenciada pela qualidade inerente de pistas de fala disponíveis do envelope mascarado, ou seja, pela a redundância mais constringida do material de fala, não sendo descartados os demais fatores descritos na literatura.

REFERÊNCIAS

American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) (2005) [Internet]. (Central) Auditory Processing Disorders [Technical Report]. (Acesso em 10 de março de 2014). Disponível em: <<http://www.asha.org/docs/html/tr2005-00043.html>>

Arieta AM. Teste de percepção da fala HINT - Brasil, em normo-ouvintes e usuários de aparelhos auditivos - Atenção à saúde auditiva. 2009. 131 f. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em saúde coletiva. Faculdade de Ciência Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

Advíncula, K.P.; Menezes, D.C.; Pacífico, F.A.; Griz, S. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. **Audiology - Communication Research**, v.18, n.4, p.238-244, 2013.

Bacon, S.P.; Opie, J.M.; Montoya, D.Y. The Effects of Hearing Loss and Noise Masking on the Masking Release for Speech in Temporally Complex Backgrounds. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.41, n.3, p.549, 1998.

Baron de Otero, C.; Brik, G.; Flores, L.; Ortiz, S.; Abdala, C. The Latin American Spanish hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.362-3, 2008.

Beasley, D.S.; Forman, B.S.; Rintelmann, W.F. Perception of time-compressed CNC monosyllables by normal listeners. **The Journal of Auditory research**, v.12, n.1, p.71-75, 1972a.

Beasley, D.S.; Schwimmer, S.; Rintelmann, W.F. Intelligibility of time-compressed CNC monosyllables. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.15, n.2, p.340-50, 1972b.

Beasley, D.S.; Maki, J.E.; Orchik, D.J. Children's perception of time-compressed speech on two measures of speech discrimination. **Journal of Speech and Hearing Disorders**, v.41, n.2, p.216-25, 1976.

Beattie, R.C. Normal intelligibility functions for the Auditec CID W-22 test at 30% and 60% time-compression. **The American journal of otology**, v.7, n.1, p.60-4, 1986.

Bernstein, J.G.; Summers, V.; Iyer, N.; Brungart, D.S. Set-size procedures for controlling variations in speech-reception performance with a fluctuating masker. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.132, n.4, p.2676-89, 2012.

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

Bevilacqua, M.C.; Banhara, M.R.; Da Costa, E.A.; Vignoly, A.B.; Alvarenga, K.F. The Brazilian Portuguese hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.364-5, 2008.

Birren, J.E. Age changes in speed of behavior: Its central nature and physiological correlates, in: Behavior, Aging, and the Nervous System, edited by A. T. Welford and J. E. Birren (Thomas, Springfield, IL), p.191-216, 1965

Bocca, E.; Calearo, C. Central Hearing Process. In J. Jerger, ed. Modern Developments in Audiology, New York: Academic Press, p. 337-370, 1963.

Bode, D.L.; Carhart, R. Measurements of articulation functions using adaptive test procedures. **IEEE Trans Audiol Electroacoustics**, v.21, n.3, p.196-201, 1973.

Bornstein, S.P. Time compression and release from masking in adults and children. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.5, n.2, p.89-98, 1994.

Bronkhorst, A.W.; Plomp, R. A clinical test for the assessment of binaural speech perception in noise. **Audiology**. v.29, n.5, p.275-85, 1990.

Bryan, J.; Luszcz, M.A.; Pointer, S. Executive function and processing resources as predictors of adult age differences in the implementation of encoding strategies. **Aging, Neuropsychology and Cognition**, v.6, n.4, p.273-287, 1999.

Buss, E.; Hall, J.W. 3rd; Grose, J.H. Spectral integration of synchronous and asynchronous cues to consonant identification. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.115, n.5 Pt 1), p.2278-85, 2004.

Buss, E.; Whittle, L.N.; Grose, J.H.; Hall, J.W. 3rd. Masking release for words in amplitude-modulated noise as a function of modulation rate and task. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.126, n.1, p.269-280, 2009.

Calearo C; Lazzaroni A. Speech intelligibility in relation to the speed of the message. **Laryngoscope**, v.67, n.5, p.410-9, 1957.

Caporali, A.S.; Arieta, A.M. Reconhecimento de fala no ruído: estudo comparativo entre grupos com e sem queixa de percepção de fala. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v.9, n.3, p.129-35, 2004.

Caporali, S.A; 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, 2004.

Carhart, R; Tillman, T.W.; Greetis, E.S. Perceptual masking in multiple sound backgrounds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.45, n.3, p.694-703, 1969.

Cekic, S.; Sennaroglu, G. The Turkish hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.366-8, 2008.

Chaves, A.D.; Nepomuceno, L.A.; Rossi, A.G.; Mota, H.B.; Pillon, L. Reconhecimento de fala: uma descrição de resultados obtidos em função do número de sílabas dos estímulos. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v.1, n.1, p.53-8, 1999.

Christiansen, C.; Dau, T. Relationship between masking release in fluctuating maskers and speech reception thresholds in stationary noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.132, n.3, p.1655-66, 2012.

Cooke, M. A glimpsing model of speech perception in noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.119, n.3, p.1562-73, 2006.

Costa, E.A. Audiometria tonal e testes de reconhecimento de fala: Estudo comparativo para aplicação em audiologia ocupacional. **Acta AWHO**, v.11, n.3, p.137-42, 1992.

Costa, E.A. Estudo da correlação entre audiometria tonal e o reconhecimento de monossílabos mascarados por fala competitiva nas perdas auditivas induzidas pelo ruído. **Acta AWHO**, 1995.

Costa, M.J.; Iorio, M.C.M.; Mangabeira-Albernaz, P.L.; Cabral Junior, E.F.; Magni, A.B. Desenvolvimento de um ruído com espectro de fala. **Acta AWHO**, v.17, n.2, p.84-89, 1998.

Costa, E.A. Desenvolvimento de Teste de Reconhecimento da Fala, com ruído, em português do Brasil, para aplicação em audiologia ocupacional. 1998. **Tese** (Tese de Doutorado). Faculdade de Ciências Médicas, Campinas, 1998.

Costa, M.J. Lista de sentenças em Português: apresentação e estratégias de aplicação na audiologia. Santa Maria: Pallotti, 1998.

Costa, M.J.; Daniel, R.C.; Santos, S.N. Reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído em fones auriculares: valores de referência de normalidade. **Revista CEFAC**, v.13, n.4, p.685-691, 2011.

Danieli, F. Reconhecimento de fala com e sem ruído competitivo em crianças usuárias de implante coclear utilizando processadores de fala. 2010. 125 f. **Dissertação** (Mestrado) – programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (EESC/FMRP/IQSC). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

Desloge, J.G.; Reed, C.M.; Braida, L.D.; Perez, Z.D.; Delhorne, L.A. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.128, n.1, p.342-59, 2010.

Dirks, D.D.; Wilson, R.H.; Bower, D.R. Effect of pulsed masking on selected speech materials. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.46, n.4, p.898-906, 1969.

Dirks, D.D.; Bower, D. Effect of forward and backward masking on speech intelligibility. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.47, n.4, p.1003-8, 1970.

Dirks, D.D.; Bower, D.R. Influence of pulsed masking on spondee words. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.50, n.4, p.1204-7, 1971.

Dubno, J.R.; Horwitz, A.R.; Ahlstrom, J.B. Benefit of modulated maskers for speech recognition by younger and older adults with normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.111, n.6, p.2897-907, 2002.

Dubno, J.R.; Horwitz, A.R.; Ahlstrom, J.B. Recovery from prior stimulation: masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.113, n.4 Pt 1, p.2084-94, 2003.

Duquesnoy, A.J. Effect of a single interfering noise or speech source upon the binaural sentence intelligibility of aged persons. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.74, n.3, p.739-43, 1983.

Fairbanks, G.; Kodman, F. Word intelligibility as a function of time compression. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.29, p.636-641, 1957.

Festen, J.M.; Plomp, R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech reception threshold for impaired and normal hearing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.88, n.4, p.1725-36, 1990.

Filippini, R.; Schochat, E. A new paradigm for temporal masking assessment: pilot study. **CoDAS**, v.26, n.4, p.302-7, 2014.

Francart, T.; van Wieringen, A.; Wouters, J. Comparison of fluctuating maskers for speech recognition tests. **International Journal of Audiology**, v.50, n.1, p.2-13, 2011.

Freitas, C.D.; Lopes, L.F.D.; Costa, M.J. Confiabilidade dos limiares de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v.71, n.5, p.624-630, 2005.

Fu, Q.J.; Galvin, J.J. 3rd.; Wang, X. Recognition of time-distorted sentences by normal-hearing and cochlear-implant listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.109, n.1, p.379-84, 2001.

Füllgrabe, C.; Berthommier, F.; Lorenzi, C. Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. **Hearing Research**, v.211, n.1-2, p.74-84, 2006.

Füllgrabe, C.; Moore, B.C.; Stone, M.A. Age-group differences in speech identification despite matched audiometrically normal hearing: contributions from auditory temporal processing and cognition. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v.13, n.6, p.347, 2015.

Gama, M.R. Percepção da fala: uma proposta de avaliação qualitativa. São Paulo: Pancast, 1994.

Gelfand, S.A. Hearing: An Introduction to psychological and physiological acoustics. 5th Edition, Informa Healthcare, London, UK, 2010.

George, E.L.; Festen, J.M.; Houtgast, T. Factors affecting masking release for speech in modulated noise for normal-hearing and hearing-impaired listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.120, n.4, p.2295-311, 2006.

George, E.L.; Zekveld, A.A.; Kramer, S.E.; Goverts, S.T.; Festen, J.M.; Houtgast, T. Auditory and nonauditory factors affecting speech reception in noise by older listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.121, n.4, p.2362-75, 2007.

Gifford, R.H.; Bacon, S.P. Psychophysical estimates of nonlinear cochlear processing in younger and older listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.118, n.6, p.3823-33, 2005.

Gifford, RH, Bacon, SP, Williams, EJ. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.50, n4, p.857-64, 2007.

Gnansia, D.; Jourdes, V.; Lorenzi, C. Effect of masker modulation depth on speech masking release. **Hearing Research**, v.239, n.1-2, p.60-8, 2008.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Temporal factors and speech recognition performance in young and elderly listeners. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.36, n.6, p.1276-85, 1993.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Comparing recognition of distorted speech using an equivalent signal-to-noise ratio index. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.38, n.3, p.706-13, 1995.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Selected cognitive factors and speech recognition performance among young and elderly listeners. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.40, n.2, p.423-431, 1997.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Profile of auditory temporal processing in older listeners. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.42, n.2, p.300-11, 1999.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Sources of age-related recognition difficulty for time-compressed speech. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.44, n.4, p.709-19, 2001.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J. Effects of stimulus and noise rate variability on speech perception by younger and older adults. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.115, n.4, p. 1808-17, 2004.

Gordon-Salant, S. Speech perception and auditory temporal processing performance by older listeners: Implications for real-world communication. **Seminars in Hearing**, v.27, n.4, p.264-68, 2006.

Gordon-Salant, S.; Fitzgibbons, P.J.; Friedman, S.A. Recognition of time-compressed and natural speech with selective temporal enhancements by young and elderly

listeners. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.50, n.5, p.1181-93, 2007.

Grimes, A.M.; Mueller, H.G.; Williams, D.L. Clinical considerations in the use of time-compressed speech. **Ear and Hearing**, v.5, n.2, p.114-7, 1984.

Grose, J.H.; Mamo, S.K.; Hall, J.W. 3rd. Age effects in temporal envelope processing: speech unmasking and auditory steady state responses. **Ear and Hearing**, v.30, n.5, p.568-75, 2009.

Grose, J.H.; Griz, S.; Pacífico, F.A.; Advíncula, K.P.; Menezes, D.C. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. **International Journal of Audiology**, v.54, n.4, p.274-81, 2015.

Gustafsson, H.A.; Arlinger, S.D. Masking of speech by amplitude-modulated noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.95, n.1, p.518-29, 1994.

Guyton, A; Hall, J. Textbook of medical physiology. 11th Ed. Elsevier Inc. Philadelphia. 2006.

Hagerman, B. Sentences for testing speech intelligibility in noise. **Scandinavian Audiology**, v.11, n.2, p.79-87, 1982.

Hartley, D.E.; Wright, B.A.; Hogan, S.C.; Moore, D.R. Age-related improvements in auditory backward and simultaneous masking in 6- to 10-year-old children. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.43, n.6, p.1402-15, 2000.

Harris, R.W.; Goffi, M.V.S.; Pedalini, M.E.B.; Gygi, M.A. Reconhecimento de palavras dissilábicas psicometricamente equivalentes no português brasileiro faladas por indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v.13, n.2, p.249-62, 2001.

Hasher, L.; Zacks, R.T. Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. **Psychology of Learning and Motivation**, v.22, p.193-225, 1988.

Henriques, M.O.; Costa, M.J. Limiares de reconhecimento de sentenças em indivíduos normo-ouvintes na presença de ruído incidente de diferentes ângulos. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v.16, n.1, p.54-8, 2011.

Henriques, M.O.; Miranda, E.C.; Costa, M.J. Limiares de reconhecimento de sentenças no ruído, em campo livre: valores de referência para adultos normo-ouvintes. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v.74, n.2, p.188-92, 2008.

Howard-Jones, P.A.; Rosen, S. The perception of speech in fluctuating noise. **Acustica**, v.78, 258-272, 1993.

Huarte, A. The Castilian Spanish hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p. 369-70, 2008.

Jenstad, L.M.; Souza, P.E. Temporal envelope changes of compression and speech rate: combined effects on recognition for older adults. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.50, n.5, p.1123-38, 2007.

Jin, S.H.; Nelson, P.B. Speech perception in gated noise: the effects of temporal resolution. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.119, n.5 Pt 1, p.3097-108, 2006.

Kalikow, D.N.; Stevens, K.N.; Elliot, L.L. Development of a test of speech intelligibility in noise using sentence materials with controlled word predictability. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.61, n.5, p.1337-51, 1977.

Kochkin, S. Increasing hearing aid adoption through multiple environmental listening utility. **The Hearing Journal**, v.60, n.11, p.28-31, 2007.

Konkle, D.F.; Beasley, D.S.; Bess, F.H. Intelligibility of time-altered speech in relation to chronological aging. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.20, n.1, p.108-15, 1977.

Kurdziel, S.A.; Noffsinger, D.; Olsen, W. Performance by cortical lesion patients on 40% and 60% time-compressed materials. **Journal of the American Audiology Society**, v.2, n.1, p.3-7, 1976.

Kurdziel, S.A.; Rintelmann, W.F.; Beasley, D.S. Performance of noise-induced hearing-impaired listeners on time-compressed consonant-nucleus-consonant monosyllables. **Journal of the American Audiology Society**, v.1, n.2, p.54-60, 1975.

Kwon, B.J.; Perry, T.T.; Wilhelm, C.L.; Healy, E.W. Sentence recognition in noise promoting or suppressing masking release by normalhearing and cochlear-implant listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.131, n.4, p.3111-9, 2012.

Letowski, T.; Poch, N. Understanding of time-compressed speech by older adults: effect of discard interval. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.6, n.6, p.433-9, 1995.

Letowski, T, Poch, N. Comprehension of time-compressed speech: effects of age and speech complexity. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.7, n.6, p.447-57, 1996.

Levitt, H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.49, n.2, p.Suppl 2:467+, 1971.

Levitt, H.; Rabiner, L.R. Use of a sequential strategy in intelligibility testing. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.42, n.3, p.609-12, 1967.

Lolov, S.R.; Raynov, A.M.; Boteva, I.B.; Edrev, G.E. The Bulgarian hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.371-2, 1967.

Lorenzi, C.; Husson, M.; Ardoint, M.; Debrulle, X. Speech masking release in listeners with flat hearing loss: effects of masker fluctuation rate on identification scores and phonetic feature reception. **International journal of audiology**, v.45, n.9, p.487-95, 2006.

Luts, H.; Boon, E.; Wable, J.; Wouters, J. FIST: a French sentence test for speech intelligibility in noise. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.373-4, 2008.

MacPherson, S.E.; Phillips, L.H.; Della Sala, S. Age, executive function, and social decision making: a dorsolateral prefrontal theory of cognitive aging. **Psychology and Aging**, v.17, n.4, p.598-609, 2002.

Mantelatto, S.A.C. Percepção da Inteligibilidade de fala por Sujeitos Jovens com audição normal frente à ruídos competitivos. 1998. **Dissertação**. (Dissertação de Mestrado). Ribeirão Preto: FFCLRP/USP, 1998.

Mantelatto, S.A.C.; Da Silva, J.A. Inteligibilidade de fala e ruído: Um estudo com sentenças do dia-a-dia. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v.12, n.1, p.48-55, 2000a.

Mantelatto, S.A.C.; Da Silva, J.A. Efeitos de diferentes tipos de ruído na Inteligibilidade de Fala. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, v.52, p.35-48, 2000b.

May, M.M.; Rastatter, M.P.; Simmons, F. The effects of time compression on feature discrimination as a function of age. **The Journal of Auditory Research**, v.24, n.3, p.205-11, 1984.

Mendes, K.D.S.; Silveira, R.C.C.P.; Galvão, C.M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto Enfermagem**, v.17, n.4, p.758-64, 2008.

Miller, G.A.; Licklider, J.C.R. The intelligibility of interrupted speech. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.22, p.167-173, 1950.

Moon, S.K.; Hee Kim, S.; Ah Mun, H.; Jung, H.K.; Lee, J.H.; Choung, Y.H.; Park, K. The Korean hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.375-6, 2008.

Moon, I.J.; Hong, S.H. What is temporal fine structure and why is it important? **Korean Journal of Audiology**, v.18, n.1, p.1-7, 2014.

Moore, B.C.J. An Introduction to the Psychology of Hearing, 5th Ed. 2004. London, Elsevier Academic Press.

Musiek, F.E.; Baran, J.A.; Pinheiro, M.L. Neuroaudiology: case studies. San Diego: Singular; 1993; p. 7-28: Behavioral and electrophysiological test procedures.

Musiek, F.E.; Shinn, J.B.; Jirsa, R.; Bamiou, D.E.; Baran, J.A.; Zaida, E. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. **Ear and Hearing**, v.26, n.6, p.608-18, 2005.

Myhrum, M.; Moen, I. The Norwegian hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.377-8, 2008.

Nilsson, M.J.; Soli, S.D.; Sullivan, J. Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception threshold in quiet and in noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.95, n.2, p.1085-99, 1994.

Oxenham, A.J.; Simonson, A.M. Masking release for low- and high-pass-filtered speech in the presence of noise and single-talker interference. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.125, n.1, p.457-68, 2009.

Pen, M.G.; Mangabeira-Albernaz, P.L. Desenvolvimento de testes para logaudiometria: discriminação vocal. Anales II Congresso Pan Americano de Otorrinolaringologia Y Broncoesofasologia, v.2, p.223-6, Lima-Peru, 1970.

Pereira, L.D. Audiometria verbal: teste de discriminação vocal com ruído. Tese (Tese de Doutorado). São Paulo: Escola Paulista de Medicina, 1993.

Pereira, L.D.; Schochat, E. Testes auditivos comportamentais para avaliação do processamento auditivo central. Barueri (SP): Pró-Fono; 2011.

Peters, R.W.; Hall, J.W. 3rd. Comodulation masking release for elderly listeners with relatively normal audiograms. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.96, n.5 Pt 1, p.2674-82, 1994.

Peters, R.W.; Moore, B.C.J.; Baer T. Speech reception thresholds in noise with and without spectral and temporal dips for hearingimpaired and normally hearing people. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.103, n.1, p.577-87, 1998.

Plomp, R. Rate of decay of auditory sensation. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.36, p.277-282, 1964.

Plomp, R.; Mimpen, A.M. Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.66, n.5, p.1333-42, 1979.

Qin, M.K.; Oxenham, A.J. Effects of simulated cochlear-implant processing on speech reception in fluctuating maskers. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.114, n.1, p.446-54, 2003.

Quar, T.K.; Mukari, S.Z.; Abdul Wahab, N.A.; Abdul Razak, R.; Omar, M.; Maamor, N. The Malay hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.379-80, 2008.

Rabelo, C.M.; Schochat, E. Time-compressed speech test in Brazilian Portuguese. **Clinics**. v.67, n.3, p.261-272, 2007.

Rienschke, L.L.; Curran, C.E.; Porch, B.E. The assessment of reading readiness using multidimensionally scored time-compressed speech. **The Journal of Auditory research**, v.26, n.1, p.1-4, 1986.

Rhebergen, K.S.; Versfeld, N.J.; Dreschler, W.A. Extended speech intelligibility index for the prediction of the speech reception threshold in fluctuating noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.120, n.6, p.3988-97, 2006.

Roll, E.; Wallenhaupt, D.; Ramos, A.P.F.; Menegotto, I.H. Novas listas de monossílabos para avaliação do reconhecimento de fala. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v.15, n.2, p.159-68, 2003.

Salthouse, T.A. The processing-speed theory of adult age differences in cognition. **Psychol Review**, v.103, n.3, p.403-28, 1996.

Santos, S.N.; Daniel, R.C.; Costa, N.J. Estudo da equivalência entre as listas de sentenças em português. **Revista CEFAC**, v.11, n.4, p.673-680, 2009.

Santos, T.M.M.; Russo, I.C.P. A prática Audiologia clínica. 3 Ed. São Paulo: Cortez; 1986.

Schneider, B.A.; Daneman, M.; Murphy, D.R. Speech comprehension difficulties in older adults: cognitive slowing or age-related changes in hearing? **Psychology and Aging**, v.20, n.2, p.261-71, 2005.

Schochat, E. Percepção de fala: Presbiacusia e perda auditiva induzida pelo ruído. **Tese** (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP, 1994.

Schochat, E. Processamento auditivo: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Medicina - Otorrinolaringologia**, v.5, n.1, p.24-31, 1998.

Shiroma, M.; Iwaki, T.; Kubo, T.; Soli, S. The Japanese hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.381-2, 2008.

Smits, C.; Festen, J.M. The interpretation of speech reception threshold data in normal-hearing and hearing-impaired listeners: II. Fluctuating noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.133, n.5, p.3004-15, 2013.

Smoorenburg, G.F. Speech reception in quiet and in noisy conditions by individuals with noise - induced hearing loss in relation to their tone audiogram. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.91, n.1, p.421-37, 1992.

Soli, S.D.; Wong, L.L. Assessment of speech intelligibility in noise with the Hearing in Noise Test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.356-61, 2008.

Sommers, M.S.; Gehr, S.E. Two-tone auditory suppression in younger and older normal-hearing adults and its relationship to speech perception in noise. **Hearing Research**, v.264, n.1-2, p.56-62, 2010.

Souza, M.T.; Silva, M.D.; Carvalho, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v.8, n.1, p.102-6, 2010.

Souza, P.E.; Turner, C.W. Masking of speech in young and elderly listeners with hearing loss. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.37, n.3, p.655-61, 1994.

Stark, R.E.; Montgomery, J.W. Sentence processing in language-impaired children under conditions of filtering and time compression. **Applied Psycholinguistics**, v.16, n.2, p.137-154, 1995.

Stollman, M.H.; Kapteyn, T.S. Effect of time scale modification of speech on the speech recognition threshold in noise for elderly listeners. **Audiology**, v.33, n.5, p.280-90, 1994.

Stollman, M.H.; Kapteyn, T.S.; Sleswijk, B.W. Effect of time-scale modification of speech on the speech recognition threshold in noise for hearing-impaired and language-impaired children. **Scandinavian Audiology**, v.23, n.1, p.39-46, 1994.

Stuart, A.; Phillips, D.P. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners. **Ear and Hearing**, v.17, n.6, p.478-89, 1996.

Stuart, A.; Phillips, D.P. Recognition of temporally distorted words by listeners with and without a simulated hearing loss. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.9, n.3, p.199-208, 1998.

Summers, V.; Molis, M.R. Speech recognition in fluctuating and continuous maskers: effects of hearing loss and presentation level. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.47, n.2, p.245-56, 2004.

Takahashi, G.A.; Bacon, S.P. Modulation detection, modulation masking, and speech understanding in noise in the elderly. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.35, n.6, p.1410-21, 1992.

Terband, H.; Drullman, R. Study of an automated procedure for a Dutch sentence test for the measurement of the speech reception threshold in noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.124, n.5, p.3225-34, 2008.

Tillman, T.W.; Carhart, R. An expanded test for speech discrimination utilizing CNC monosyllabic words. Northwestern University Auditory Test No. 6. **Tech Rep SAM-TR**, p.1-12, 1966.

Tun, P.A. Fast noisy speech: age differences in processing rapid speech with background noise. **Psychology and Aging**, v.13, n.3, p.424-34, 1998.

Tun, P.A.; O'Kane, G.; Wingfield, A. Distraction by competing speech in young and older adult listeners. **Psychology and Aging**, v.17, n.3, p.453-67, 2002.

Vaillancourt, V.; Laroche, C.; Mayer, C.; Basque, C.; Nali, M.; Eriks-Brophy, A.; Giguère, C. The Canadian French hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.383-5, 2008.

Vaughan, N.E.; Letowski, T. Effects of age, speech rate, and type of test on temporal auditory processing. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v.40, n.5, p.1192-200, 1997.

Vermiglio, A.J. The American English hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.386-7, 2008.

Versfeld, N.J.; Daalder, L.; Festen, J.M.; Houtgast, T. Method for the selection of sentence materials for efficient measurement of the speech reception threshold. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.107, n.3, p.1671-84, 2000.

Viemeister, N.F. Temporal modulation transfer functions based upon modulation thresholds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.66, n.5, p.1364-80, 1979.

Wetherill, G.B. Sequential estimation of quantal responses. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.25, p.1-48, 1963.

Wetherill, G.B.; Levitt, H. Sequential estimation of points on a psychometric function. **British Journal of Mathematical and Statistical Psychology**, v.18, p.1-10, 1965

Wilson, R.H.; Preece, J.P.; Salamon, D.L.; Sperry, J.L.; Bornstein, S.P. Effects of time compression and time compression plus reverberation on the intelligibility of Northwestern University Auditory Test No. 6. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.5, n.4, p.269-77, 1994.

Wingfield, A.; Poon, L.W.; Lombardi, L.; Lowe, D. Speed of processing in normal aging: effects of speech rate, linguistic structure, and processing time. **Journal of Gerontology**, v.40, n.5, p.579-85, 1985.

Wingfield, A.; McCoy, S.L.; Peelle, J.E.; Tun, P.A.; Cox, L.C. Effects of adult aging and hearing loss on comprehension of rapid speech varying in syntactic complexity. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.17, n.7, p.487-97, 2006.

Wong, L.L.N. The Cantonese hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.388-90, 2008.

Wong, L.L.N.; Huang, V. The Taiwanese Mandarin hearing in noise test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.391-2, 2008.

Wong, L.L.N.; Liu, S.; Han, N. The Mainland Mandarin Hearing in Noise Test. **International Journal of Audiology**, v.47, n.6, p.393-5, 2008.

Wong, L.L.N.; Soli, S.D.; Liu, S.; Han, N.; Huang, M.W. Development of the Mandarin Hearing in Noise Test (MHINT). **Ear and Hearing**, v.28, n.2 Suppl, p.70S-74S, 2007.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FONOAUDIOLOGIA
CURSO DE FONOAUDIOLOGIA



APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Teste de reconhecimento de fala HINT – Brasil em adultos do nordeste brasileiro com audição normal

Pesquisador Responsável: Fernando Augusto Pacífico, Fone para contato: 21268927 / 8527-5246 - Av. Artur de Sá, sn / Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50670-901.

Instituição Responsável: Universidade Federal de Pernambuco

O Sr.(a) está sendo convidado(a) para participar de uma pesquisa que tem por objetivo - Investigar teste de reconhecimento de fala HINT - Brasil em adultos do nordeste brasileiro com audição normal. Se concordar em fazer parte deste estudo, serão realizados exames auditivos, no qual você irá escutar alguns sons provindos de um fone de ouvido.

Caso você tenha alguma dúvida durante a explicação e/ou leitura desse termo de consentimento, pergunte ao entrevistador, para que você seja bem esclarecido (a) sobre tudo que está respondendo. Você irá receber uma cópia deste termo de consentimento, que está em duas vias, uma ficará com o pesquisador e outra com você.

A realização deste estudo oferece o risco de haver algum cansaço e/ou desconforto físico causado pela apresentação dos sons aos ouvidos e/ou constrangimento por solicitar a repetição de sentenças. Asseguro a você, voluntário, que sua autorização na pesquisa pode ser retirada em qualquer momento da mesma sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade. As informações conseguidas por meio do estudo possibilitarão um maior conhecimento sobre a efetividade dos procedimentos de diagnóstico audiológico. Como benefício direto, os participantes receberão orientações por escrito sobre os procedimentos de diagnóstico audiológico, seus resultados de sua avaliação auditiva, bem como irão verificar suas performances de reconhecimento da fala no ruído.

As informações obtidas a partir deste estudo serão rigorosamente confidenciais. Os resultados serão divulgados publicamente em congressos e publicações científicas, entretanto, sua identidade e de quem mais esteja envolvido serão mantidas sob sigilo. Os dados ficarão sob a responsabilidade do pesquisador principal pelo período mínimo de 05 anos em computador pessoal.

A sua participação neste estudo é totalmente voluntária, não sendo proporcionado dinheiro ou outras formas de bens materiais. Em caso de dúvidas adicionais sobre a sua participação retire-as com o pesquisador. Não assine o termo se não concordar em participar, ou se as dúvidas não forem esclarecidas satisfatoriamente. Caso tenha dúvida quanto aos aspectos éticos da pesquisa você poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos: Av. da engenharia, s/n - 1º andar, Cidade Universitária CEP: 50670-901 Recife - PE, Brasil. Telefone/Fax do CEP: (81) 2126-8588.

Pesquisadora Responsável: Fernando Augusto Pacífico

Li e entendi as informações precedentes, descritas neste estudo e, todas as minhas dúvidas foram respondidas satisfatoriamente. Dou livre o meu esclarecimento em participar deste estudo e não abro mão de nenhum direito legal que eu tenha.

Recife, ____/____/____.

Assinatura do voluntário

Testemunha

Testemunha

ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética Nacional

Dados do Projeto de Pesquisa

Título da Pesquisa: TESTE DE RECONHECIMENTO DE FALA HINT - BRASIL EM ADULTOS DO NORDESTE BRASILEIRO COM A AUDIÇÃO NORMAL

Pesquisador: FERNANDO AUGUSTO PACÍFICO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 02466612.2.0000.5208

Submetido em: 06/10/2012

Instituição Proponente: Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Situação: Aprovado

Localização atual do Projeto: Pesquisador Responsável

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética Americano



THE UNIVERSITY
of NORTH CAROLINA
at CHAPEL HILL

OFFICE OF HUMAN RESEARCH ETHICS
Medical School Building 52
Mason Farm Road
CB #7097
Chapel Hill, NC 27599-7097
(919) 966-3113
Web site: ohre.unc.edu
<https://my.research.unc.edu> for IRB status
Federalwide Assurance (FWA) #4801

To: John Grose
Otolaryngology (Ent)
CB: 7070

From: Biomedical IRB

Approval Date: 6/13/2011

Expiration Date of Approval: 6/11/2012

RE: Notice of IRB Approval by Expedited Review (under 45 CFR 46.110)

Submission Type: Initial

Expedited Category: 4. Noninvasive clinical data

Study #: 11-1113

Study Title: Temporal Masking and Speech Recognition in the Aging Auditory System: US-Brazil
Sponsors: National Institutes of Health (NIH)

This submission has been approved by the above IRB for the period indicated. It has been determined that the risk involved in this research is no more than minimal.

Study Description:

Purpose: This study seeks to investigate age-related changes in speech perception abilities in complex backgrounds, with a particular interest in temporal processing abilities. **Participants:** Normal hearing listeners, ages 18 - 85 years of age, will undergo testing in a sound proof booth using headphones. **Procedures (methods):** There are three tasks associated with this research study: 1) press a button when a target stimulus is heard; 2) repeat sentences aloud as they are heard; 3) listen passively while auditory evoked potentials are recorded from the scalp.

Regulatory and other findings:

Social security numbers (SSN) may be collected for this study for tax identification purposes. The subject is required to disclose his/her SSN in order to receive the incentive payment(s).

Investigator's Responsibilities:

Federal regulations require that all research be reviewed at least annually. It is the Principal Investigator's responsibility to submit for renewal and obtain approval before the expiration date. You may not continue any research activity beyond the expiration date without IRB approval. Failure to receive approval for continuation before the expiration date will result in automatic termination of the approval for this study on the expiration date.

IF YOU SUBMITTED ON PAPER, enclosed are stamped copies of approved consent documents and other recruitment materials (when applicable). You must copy the stamped consent forms for

ANEXO C - Normas do Periódico International Journal Of Audiology

International Journal of Audiology Instructions for Authors

The *International Journal of Audiology* invites (in English only) as follows: **Original Articles** embracing all aspects of hearing, hearing loss, and related disorders. In addition, **Clinical Notes** and **Technical Reports** presenting preliminary results from pilot studies, descriptions of new technology, or case studies are welcomed. **Discussion Papers** with editorial comments following the paper as well as **Letters to the Editor** are also encouraged. It is assumed that the submitted material will provide significant contributions/advances in scientific and clinical knowledge.



Submitted manuscripts are subject to editorial review and are received with the explicit understanding that they are not under simultaneous consideration by any other publication. Submission of a manuscript to the *International Journal of Audiology* is taken as evidence that no portion of the text or figures has been copyrighted, published, or submitted for publication elsewhere unless information regarding previous publication is explicitly cited and permission obtained. A copy of such permission must accompany the submitted manuscript.

Reports concerning studies involving human or animal test subjects should include a statement regarding approval of an ethical committee. Authors should identify any concerns about possible conflicts of interest concerning the study being reported.

Authors are expected to have consulted statistical expertise as required in order to apply suitable statistical methods in assessing results of studies reported.

Manuscript Preparation

MS Word or Word Perfect should be used for the text. MS Word or MS PowerPoint, EPS, or JPG should be used for figures, and MS Excel for tables. PDF files will not be accepted for the main document. The review process will make use of electronic transmission of manuscripts to reviewers.

Manuscripts should be typed double-spaced with 2.5-cm (1-inch) margins on only one side of each A4 (or 8½ × 11 inch) page. Headings, including up to three levels of subheadings, should be used to designate the major sections of the article. Pages should be numbered consecutively in the upper right-hand corner. The surname of the first author should appear on the upper left-hand corner, followed by a brief running title. *Authors are encouraged to propose up to five names and email addresses of possible referees for their paper.*

Either British or American English may be used, but the version chosen must be consistent throughout the manuscript.

Title Page. The first page of each manuscript should include the following: title of the article; names of all authors in full without academic degrees; institutional affiliations of each author (superscript letters should be used to link authors to affiliations); a short list of key words reflecting the content; a list of acronyms and abbreviations with their meanings spelled out; and the full postal address as well as the E-mail address of the corresponding author.

Abstract. An abstract of **NO MORE THAN** 200 words should precede each article, including review articles, using the following headings: **Objective, Design, Study Sample, Results, Conclusions.**

Text. The text of the manuscript should be double spaced and left justified, with the first line of each paragraph flush with the margin. Paragraphs should be separated by one double line space.

Acknowledgements and Declaration of Interest. If the article was presented at a professional meeting, include the full title, date, and location of the meeting. Acknowledgments, grant numbers, and supporting agencies should also be listed. This information should be included in a separate section at the end of the text, before the references. Please see below for more information.

Tables. Tables should be numbered consecutively using arabic numerals and typed on separate pages. Each table should have a brief but sufficiently detailed explanatory title. All tables must be cited in the text in numerical order.

Figures. All figures should be numbered consecutively in the order in which they appear in the manuscript. Legends should be prepared on a separate page following the main text and tables, and explain each figure in detail. If color figures are submitted they will appear in the online version at no charge to the authors. Color charges for the print version will be borne by the authors. Original artwork should be in the form of high-quality electronic format. Any identifiable photographs of patients must be accompanied by a release form signed by the patient. All figures must be cited in the text in numerical order.

Figure files should be kept as separate files, in TIF, EPS, PDF or JPG format. Providing these formats will guarantee that the quality of the graphics is good throughout the publishing process, if provided with sufficient resolution. Photographic illustrations should be rendered with at least 300 DPI; please use CMYK colour conversion if possible. Graphs made with Office software such as Microsoft Excel, can be provided in their original format to facilitate conversion into printable format with preserved quality. Any other line graphs/illustrations should preferably be provided in EPS format with a resolution of at least 600 DPI to prevent ragged lines when printed.

References. The maximum number of references is 40. The reference system shall essentially follow the Harvard style but with some exceptions, the main one being the use of abbreviated journal names according to MEDLINE (see <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>). Authors are encouraged to look at a current version of the journal for examples.

References must be cited in the text using name(s) of author(s) and year of publication. Examples: Anderson (1995); (Anderson & Jones, 1998). When a work has three or more authors, cite only the first author followed by et al and the year. The list of references should be in alphabetical order and written double-spaced on a separate page at the end of the main text.

References to journals should include (in this order): all authors' names with initials for up to five authors or, for six or more, the first five authors followed by: et al; year of publication; article title; journal name in italics, abbreviated according to Index Medicus; volume number; and inclusive page numbers. An example is given below:

Litovsky, R.Y., Johnstone, P.M., Godar, S.P. 2006. Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *Int J Audiol*, 45, 3-11.

References to books should include (in this order): authors' names as above; year of publication; chapter title; editors' names with initials (as applicable); book title and

edition; city; publisher; year of publication; and inclusive page numbers. Examples are given below.

Valente, M. & Valente, L.M. (2008). Earhooks, tubing, earmolds, and shells. Valente, Hosford-Dunn, Roeser (eds.) *Audiology Treatment: Second Edition*. New York: Thieme, pp. 36 - 71.

Luxon, LM. & Prasher, D. (eds.) 2007. *Noise and it's effects*. Chichester, England: John Wiley & Sons.

The corresponding author is responsible for ensuring that the references are complete and correct. When a revised manuscript is returned, authors shall certify that all references cited in the text are included and quoted correctly in the list of references. Manuscripts submitted to another publication, but not yet accepted, should be cited in the text as unpublished data (in parentheses) and not included in the reference list. References to manuscripts accepted but not yet published are discouraged, but when they are required should be included in the reference list, followed by "in press".

References should be left justified, with one line space between consecutive references.

Abbreviations. Abbreviations, such as Hz, kHz, etc should be consistent throughout the text of the manuscript. Exceptions can be made for tables and figures if necessary.

Supplementary Materials. Supplementary materials submitted with the manuscript, such as appendices, copies of questionnaires and test materials, or sound files of stimuli used in the study can be posted on the IJA website at www.informahealthcare.com/ija if the paper is accepted for publication. Any supplemental materials should be submitted as separate files. Please make sure to insert proper references to any material posted online, as this will be the responsibility of the author. Please include the following information where appropriate "supplementary figure/table/material available in the online version of the journal. Please find this material with the direct link to the article at: [http://www.informaworld.com/\(DOI number\)](http://www.informaworld.com/(DOI number)).

Manuscript Types: Descriptions and Typical Sizes. While the size of submissions will vary, the typical paper is 8-10 printed pages. Based on this, the following are guidelines for submissions:

- a. **Original papers**—present novel and unique data, new findings or creative concepts on important audiology issues (4500-5000 words with 3-5 figures/tables).
- b. **Discussion papers**—present topics that are controversial or challenging. Reviewer comments follow the published paper and author responses to the review comments follow the reviewer comments (6000-6500 words with 3-5 figures/tables).
- c. **Clinical Notes**—present unique or exceptional clinical cases with important/significant findings in audiology (2500-3000 words with 2-4 figures/tables).
- d. **Technical Reports**—present clinically relevant technical information about new hardware or processing strategies (2500-3000 words with 2-4 figures).
- d. **Letters to the editor**—responses to previously published papers, or comments on important topics/issues (1200 words).

It is important that authors make all efforts to keep their submissions succinct and prepare their work with the minimal size submission. Please note that authors will be charged an excessive page charge of \$200 USD for each printed page in excess of 8 - 9 pages. Authors who are unable to pay these charges, can contact the Editor-in-Chief to request an exemption.

Page proofs: 4 - 8 weeks after a manuscript has been accepted, page proofs are sent by the publisher to the corresponding author and should be returned with the least possible delay (usually within 48 hours of receipt).

Authors' responsibility. The *International Journal of Audiology* is not responsible for the statements made or the views put forward in the various papers, nor does it endorse any of the products or materials herein advertised.

Acknowledgments and Declaration of Interest sections

Acknowledgments and Declaration of interest sections are different, and each has a specific purpose. The Acknowledgments section details special thanks, personal assistance, and dedications. Contributions from individuals who do not qualify for authorship should also be acknowledged here. Declarations of interest, however, refer to statements of financial support and/or statements of potential conflict of interest. Within this section also belongs disclosure of scientific writing assistance (use of an agency or agency/ freelance writer), grant support and numbers, and statements of employment, if applicable.

Acknowledgments section

Any acknowledgments authors wish to make should be included in a separate headed section at the end of the manuscript preceding any appendices, and before the references section. Please do not incorporate acknowledgments into notes or biographical notes.

Declaration of Interest section

All declarations of interest must be outlined under the subheading "Declaration of interest". If authors have no declarations of interest to report, this must be explicitly stated. The suggested, but not mandatory, wording in such an instance is: *The authors report no declarations of interest.* When submitting a paper via ScholarOne Manuscripts, the "Declaration of interest" field is compulsory (authors must either state the disclosures or report that there are none). If this section is left empty authors will not be able to progress with the submission.

Please note: for NIH/Wellcome-funded papers, the grant number(s) must be included in the Declaration of Interest statement.

Click here to view our full [Declaration of Interest Policy](#).

Submitting a Manuscript

The International Journal of Audiology reserves the right to retain any manuscripts submitted and cannot assume responsibility for loss of manuscripts. Therefore, authors should retain a complete copy of the manuscript, including figures and tables.

All manuscripts should be submitted electronically through <http://mc.manuscriptcentral.com/tija>. The review process will make use of electronic transmission of manuscripts to reviewers.

Please contact the Editor-in-Chief for all author queries:

Ross J. Roeser, Editor-in-Chief

UTD/Callier Center for Communication Disorders 1966 Inwood Road,

Dallas, TX 75235 USA Tel: + 1 214 905 3001 Fax: +1 214 905 3022

E-mail: editor-ija@utdallas.edu