



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS
DO COMPORTAMENTO

Erika Henriques de Araújo Alves da Silva

**PARÂMETROS ACÚSTICOS DO SOM DA DEGLUTIÇÃO EM
INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON**

Recife

2018

Erika Henriques de Araújo Alves da Silva

PARÂMETROS ACÚSTICOS DO SOM DA DEGLUTIÇÃO EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Ciências

Área de concentração: Neurociências

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Gurgel da Costa

Coorientador: Prof.: Dr. Pedro de Lemos Menezes

Recife

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Érika Henriques de Araújo Alves da.
Parâmetros Acústicos do Som da Deglutição em Indivíduos com
Doença de Parkinson / Érika Henriques de Araújo Alves da Silva, Maria
Lúcia Gurgel da Costa, Pedro de Lemos Menezes. - Recife, 2018.

113

Orientador(a): Maria Lucia Gurgel da
Costa Coorientador(a): Pedro de
Lemos Menezes

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de
Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e
Ciência do Comportamento, 2018.

1. Fonoaudiologia. 2. Deglutição. 3. Acústica. 4. Doença de Parkinson.
I. Costa, Maria Lúcia Gurgel da. II. Menezes, Pedro de Lemos . III. Costa,
Maria Lucia Gurgel da. (Orientação). IV. Menezes, Pedro de Lemos.
(Coorientação). VI. Título.

610 CDD (22.ed.)

ERIKA HENRIQUES DE ARAÚJO ALVES DA SILVA

**PARÂMETROS ACÚSTICOS DO SOM DA DEGLUTIÇÃO EM INDIVÍDUOS COM
DOENÇA DE PARKINSON**

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Ciências

Aprovada em: 19/03/2018

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes
Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas

Profª Dra. Ana Cláudia de Carvalho Vieira
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Dra. Karina Paes Advíncula
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Dra. Nadja Maria Jorge Asano
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Dra. Rosana Chistine Cavalcanti Ximenes
(Presidente da Banca)
Universidade Federal de Pernambuco

A toda minha família, a quem amo incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus e Senhor, autor da minha vida e sustento nas tribulações. A Ele todo o meu amor, louvor, honra e gratidão. Palavras são insuficientes para agradecer.

A toda minha família. Meus pais, Lenildo e Nadjayr, pelo amor, incentivo e compreensão nos momentos da minha ausência, principalmente na reta final do doutorado. Aos meus irmãos pela torcida, especialmente à Adelaide pela ajuda concreta em vários momentos. Ao meu sobrinho Lucas, que mesmo sem compreender ainda a importância dessa etapa em minha vida, se alegrou muito por mim. À minha querida Teti, uma das maiores incentivadoras da minha carreira, muito obrigada é pouco para retribuir tanto amor por mim.

À minha orientadora, professora Dra. Maria Lúcia Gurgel da Costa (Malu) pela confiança depositada em mim. Sua tranquilidade e palavras de incentivo, especialmente nos momentos mais tensos, foram fundamentais.

Ao querido amigo e colega, meu coorientador, professor Dr. Pedro de Lemos Menezes (Pedrinho), por me acompanhar desde o mestrado. Sem sua colaboração esse trabalho não seria possível. Seu conhecimento, seu olhar preciso, sua disponibilidade em meio a tantos compromissos foram essenciais. Muito obrigada!

Ao professor Me. Paulo César do Nascimento Cunha, do Instituto Federal de Alagoas – IFAL, pela construção do microfone utilizado nesta pesquisa. Obrigada pela paciência e dedicação. Que Deus o abençoe sempre! Ganhei um mais um amigo!

Aos médicos, Dr. Andore e Profa. Dra. Nadja Asano, pela parceria do Programa Pró Parkinson do Hospital das Clínicas de Pernambuco que favoreceu o desenvolvimento dessa pesquisa. Obrigada por vocês acreditarem no trabalho multidisciplinar.

À Dra. Cícera Pontes, responsável pelo serviço de neurologia da Associação Pestalozzi de Maceió. Sua parceria e confiança foram fundamentais para a realização desse trabalho.

À Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL, de forma especial, à coordenação do Curso de Fonoaudiologia, Ana Carolina Rocha Gomes Ferreira e Adriana Melo Credi, da equipe de Motricidade Orofacial, que tornaram possível meu afastamento para o doutorado.

À minha família espiritual, Comunidade Católica Shalom. Muito obrigada a todos pelas orações e pela compreensão nos momentos das minhas ausências. Fui alcançada pela oração de cada um de vocês.

“Sede firmes, inabaláveis, progredindo sempre na obra do Senhor, certos de que vossas fadigas não são em vão, no Senhor.”

I Cor 15, 58

Resumo

Introdução: Inúmeras causas que podem levar a disfagia. Ela pode estar associada a alterações na musculatura ou na sensibilidade do processo de deglutição, provenientes de desordens neuromusculares, dentre elas a Doença de Parkinson. Acredita-se que os sons produzidos no ato da deglutição, em indivíduos não-disfágicos, sejam diferentes dos sons daqueles que apresentam disfagia. **Objetivo:** analisar os parâmetros acústicos do som da deglutição em indivíduos com diagnóstico da doença de Parkinson. **Método:** realizada a gravação do som da deglutição com microfone de contato em pacientes com Parkinson e grupo controle para avaliação das cinco maiores frequências (Hz) e respectivas intensidades (dB) e duração (ms) do som da deglutição da saliva, 1ml, 3ml, 5ml e 10ml de pastoso e comparar com idade, sexo, estadiamento da doença e grau da disfagia. A análise foi realizada pelo software Adobe Audition 1.5. **Resultados:** Não houve diferenças significativas entre idade e sexo; a média da duração foi de 3983,663ms para os homens e de 3593,400ms para mulheres; a frequência variou de 1840,576Hz a 14952,79Hz no sexo masculino e 1602,340Hz a 15159,508Hz no sexo feminino; a intensidade foi de 83dB a 84dB para ambos os sexos em todos os volumes e consistências testados; a duração aumentou com a progressão do volume, com o estadiamento da doença e o grau da disfagia; houve relação entre frequência e intensidade com o estadiamento da doença e o grau da disfagia; o número de deglutições múltiplas foi maior no grupo de Parkinson, bem como a duração do som da deglutição. **Conclusão:** Foi possível identificar os parâmetros acústicos do som da deglutição em indivíduos com DP e as correlações com as variáveis volume do alimento, estadiamento da doença e grau da disfagia.

Palavras-chave: Acústica. Deglutição. Doença de Parkinson.

Abstract

Dysphagia has many causes, such as muscular or sensitivity changes in the swallowing process, due to neuromuscular disorders, including Parkinson's disease. It is believed that the sounds produced during swallowing in non-dysphagic individuals are different from those who exhibit the disorder. Objective: analyze the acoustic parameters of swallowing sounds in individuals diagnosed with Parkinson's disease. Method: swallowing sounds of patients with Parkinson's and a control group were recorded with a contact microphone to assess the five highest frequencies (Hz) and the respective intensities (dB) and duration (ms) of the sounds of swallowing saliva, and 1ml, 3ml, 5ml and 10ml of soft food and compare them with age, sex, disease staging and degree of dysphagia. Analysis was conducted using Adobe Audition 1.5 software. Results: There were no significant differences between age and sex; average duration was 3983.663ms for men 3593.400ms for women; frequency ranged from 1840.576Hz to 14952.79Hz in men and 1602.340Hz to 15159.508Hz in women; intensity was 83dB to 84dB for both sexes in all the volumes and consistencies tested; duration increased with volume, disease staging and degree of dysphagia; there was a relationship between frequency and intensity and both disease staging and degree of dysphagia; the number of multiple swallows was higher in the Parkinson group, as well as swallowing sound duration. Conclusion: It was possible to identify the acoustic parameters of swallowing sounds in individuals with PD and the correlations between the food volume, disease staging and degree of dysphagia.

Key-Words: Acoustic. Deglutition. Parkinson's Disease.

Lista de abreviaturas

AC	Ausculata Cervical
BTS	Passagem do Bolo para o Esôfago
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
dB	Decibels
DP	Doença de Parkinson
BTS	Passagem do Bolo para o Esôfago
FEES	Nasofibroscopia da Deglutição
FOIS	<i>Functional Oral Intake Scale</i>
F1	Frequência 1
F2	Frequência 2
F3	Frequência
F4	Frequência 4
F5	Frequência 5
GC	Grupo Controle
GP	Grupo Pesquisa
Hz	<i>Hertz</i>
IDS	Abertura do Esfíncter Cricofaríngeo
I1	Intensidade 1
I2	Intensidade 2
I3	Intensidade 3
I4	Intensidade 4
I5	Intensidade 5

ms	Milissegundos
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

Lista de figuras

Figura 01: Microfone

Figura 02: Posicionamento do microfone

Figura 03: Materiais utilizados na coleta – iogurte, seringa 20ml e colher descartável

Figura 04: *Notebook* e materiais utilizados na coleta

Figura 05: Exemplo de mensuração do sinal correspondente ao som de uma deglutição de saliva de um indivíduo com doença de Parkinson para avaliar os parâmetros de frequência, intensidade e duração

SUMÁRIO

1 Introdução.....	16
2 Hipótese	19
3 Objetivo	20
3.1. Objetivos específicos.....	20
4. Revisão de literatura	22
5 Material e Métodos	39
5.1. Tipo de estudo	39
5.2. Local.	39
5.2.1 Grupo pesquisa.	39
5.2.1. Grupo controle.....	39
5.3. Amostra.....	39
5.3.1. Grupo pesquisa	39
5.3.1.1. Critérios de inclusão.....	39
5.3.1.1. Critérios de exclusão.....	39
5.3.2. Grupo controle.....	40
5.3.2.1. Critérios de inclusão.....	40
5.3.2.2. Critérios de exclusão.....	40
5.4. Coleta de dados	40
5.5. Variáveis.	45
5.5.1. Variável primária.....	45
5.5.2. Variáveis secundárias.....	46
5.6. Método estatístico.....	46

5.6.1. Amostragem	46
5.6.2. Grupo pesquisa.	46
5.6.3. Grupo controle.....	46
5.6.4. Análise estatística	46
6 Resultados.....	48
6.1. Grupo controle.	48
6.2. Grupo pesquisa.....	52
6.3. Comparação entre o grupo controle e o grupo pesquisa.....	58
7 Discussão	60
8 Conclusões.....	66
Referências	67
Apêndices.....	72
Apêndice 1	73
Apêndice 2.....	77
Apêndice 3.....	79
Anexos.	108
Anexo 1.....	109
Anexo 2.....	114

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Carvalho (2003), o sistema estomatognático é um conjunto anatomofisiológico composto por órgãos e tecidos diferentes cuja biologia e fisiopatologia são interdependentes. Douglas (1998) afirma que além da respiração, sucção, mastigação e fonoarticulação, a deglutição é considerada uma função clássica desse sistema que tem como objetivo garantir as necessidades nutricionais e de prazer do indivíduo.

A deglutição possui três fases distintas: a fase oral ou voluntária pode ser subdividida em preparatória e oral propriamente dita, o que corresponde respectivamente à mastigação do alimento com posicionamento do mesmo na cavidade oral e pressão da língua contra o palato duro para direcionar o bolo em direção à faringe; a fase faríngea ou reflexa é responsável pela transferência do alimento ao esôfago; e, finalmente, a fase esofágica, a qual apresenta caráter inconsciente e involuntário e que se inicia com o relaxamento do esfíncter esofágico superior e segue no transporte do alimento até a entrada do estômago, por meio dos movimentos peristálticos (Mourão, 2004).

É na fase faríngea que ocorrem contração do palato mole resultando no fechamento velofaríngeo para proteção das vias aéreas superiores, contração faríngea para direcionar o bolo para o esôfago e a elevação e anteriorização laríngea com abaixamento da epiglote e adução das pregas vocais que, garantem a segurança das vias aéreas inferiores. Esse mecanismo ocorre de forma simultânea e coordenada sob o comando das vias aferentes dos pares cranianos V, VII, IX, X, XI e XII que levam o estímulo ao tronco cerebral (centro do controle da deglutição) (Douglas, 1998).

O transtorno na função de deglutição denomina-se disfagia. Essa alteração pode atingir as três fases da deglutição podendo acarretar penetração ou aspiração do conteúdo deglutido (saliva ou alimento) para as vias áreas inferiores. Tal disfunção pode levar o paciente a um quadro de alterações nutricionais, desidratação, broncopneumonia e até ao óbito (Furkin e Sacco, 2008)

A disfagia é classificada como mecânica ou neurogênica considerando-se a etiologia. A mecânica é decorrente de alteração nas estruturas que participam da função de deglutição e a neurogênica quando há integridade dessas estruturas, porém, a origem do comprometimento é neurológica. Ambas, aparecem como sintoma de uma doença de base na maioria dos casos (Furkim e Sacco, 2008; COLA, et al., 2008; Cardoso e Fontoura, 2009)

Existem inúmeras causas que podem levar a disfagia, porém, frequentemente, ela pode estar associada a alterações na musculatura ou na sensibilidade do processo de deglutição, provenientes de desordens neuromusculares, dentre elas a Doença de Parkinson (DP) (Cardoso e Fontoura, 2009)

A DP é uma doença neurológica com caráter progressivo e de origem idiopática, que afeta homens e mulheres igualmente, geralmente após cinquenta anos (Ferreira et al., 2007). Carneiro et. al (2013) destacam que, dentre outros sintomas, ela pode causar disfagia em trinta a cem por cento dos doentes em qualquer fase da doença. Estudos mais recentes são mais precisos. Numa revisão sistemática, Takizawa et al. (2016) apontam que a prevalência da disfagia na DP é de 81%, corroborando com Suttrup e Warnecke (2016) que mencionam a ocorrência da disfagia em mais de oitenta por cento dos casos. Pacientes em estágios mais avançados da doença, nos estágios quatro ou cinco da escala Hoehn&Yahr, apresentam maiores complicações na função de deglutição (Suttrup e Warnecke, 2016).

Cichero e Murdoch (1998) indicam que há sons que ocorrem durante a deglutição que podem contribuir para a detecção de alterações dessa função, as quais podem levar ao comprometimento da saúde pulmonar do indivíduo, como no caso das disfagias orofaríngeas. Acredita-se que os sons produzidos no ato da deglutição, em indivíduos não-disfágicos, sejam diferentes dos sons daqueles que apresentam disfagia (Morinière et al., 2006).

O uso da ausculta cervical tornou-se uma ferramenta importante e muito utilizada no diagnóstico e tratamento dos transtornos da deglutição, principalmente pelo caráter não invasivo dessa prática. Além disso, apresenta um custo relativamente baixo e boa acessibilidade. Esse fato impulsionou os

estudos internacionais (Takahashi et al., 1994; Cichero e Murdoch, 2002; Youmans e Stierwalt, 2005) que tiveram o objetivo de caracterizar o som da deglutição a partir do padrão de normalidade para em seguida, identificar os sons nas alterações dessa função. Algumas variáveis podem interferir na caracterização desses sons, como volume e consistência do alimento, duração da deglutição, idade e gênero do indivíduo (Cichero e Murdoch, 2002; Youmans e Stierwalt, 2005). Para caracterizar melhor esse som tão complexo, os pesquisadores tem buscado aprimorar os estudos aumentando “N” da amostra como Silva (2010) que avaliou 3618 deglutições sem alteração de uma população de adultos jovens.

Os instrumentos para a captação dos som da deglutição também são diversos, vão desde acelerômetros (Youmans e Stierwalt, 2005), sonar doppler (Santos e Macedo, 2006), além do microfone de eletreto (Cichero e Murdoch, 2002; Silva, 2010).

2. HIPÓTESE

- a) Existem diferenças entre a deglutição de indivíduos com doença de Parkinson e indivíduos com deglutição normal.

- b) Há correlação dos parâmetros acústicos do som da deglutição com as variáveis volume e consistência do alimento, idade, sexo, estadiamento da DP e grau da disfagia.

3. OBJETIVO

Analisar os parâmetros acústicos do som da deglutição em indivíduos com diagnóstico da doença de Parkinson (DP).

3.1. Objetivos Específicos

1 – Traçar o perfil dos indivíduos com diagnóstico da DP quanto à idade, sexo, estadiamento da doença, e grau da disfagia.

2 – Identificar os parâmetros acústicos do som da deglutição (frequência, intensidade e duração) nos indivíduos com DP e compará-los com indivíduos sem a doença.

3 - Correlacionar os parâmetros acústicos do som da deglutição com volume e consistência do alimento, idade, estadiamento da DP e grau da disfagia.

4. REVISÃO DE LITERATURA

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura em formato de artigo científico submetido ao Jornal Brasileiro de Otorrinolaringologia.

CARACTERÍSTICAS DO SOM DA DEGLUTIÇÃO NA DISFAGIA OROFARÍNGEA

Autores / Afiliações:

Me. Erika Henriques de Araújo Alves da Silva – doutoranda da Universidade Federal de Pernambuco, docente da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas

Dr. Pedro de Lemos Menezes - docente da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas

Dra. Kelly Cristina Lira de Andrade - docente da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas

Dra. Maria Lúcia Gurgel da Costa- docente da Universidade Federal de Pernambuco

Autor Correspondente:

Me. Erika Henriques de Araújo Alves da Silva - Rua Dr. José Sampaio Luz, 1210/202 - Ponta Verde, Maceió - AL, cep.: 57035-260; fone: (82) 3231-2649, (82) 99652-0771; e-mail: erika_henriques@yahoo.com.br

Resumo

Introdução: O uso da ausculta cervical é comum na prática fonoaudiológica e por isso o número pesquisas para conhecer o som da deglutição tem crescido nas últimas décadas, tanto na investigação da deglutição normal como em indivíduos com disfagia orofaríngea.

Objetivo: identificar quais são as características do som da deglutição na disfagia orofaríngea por meio de uma revisão integrativa da literatura.

Método: revisão integrativa da literatura para identificar os estudos relacionados às características do som da deglutição na disfagia orofaríngea. Foram consultadas as bases de dados Medline, Lilacs e Scielo, no decorrer de maio de 2016 e selecionados artigos publicados na língua portuguesa, inglesa e espanhola. Não houve restrição quanto ao ano de publicação. Os estudos foram analisados em junho e julho de 2016 de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

Resultados: foram identificados 1266 artigos, excluídos 1187 pelo título, 71 repetidos, 1174 por não preencherem os critérios de inclusão, 32 pelo resumo e 5 pelo texto completo, totalizando 11 estudos incluídos para esta revisão.

Conclusão: Diante dos estudos incluídos nesta revisão, podemos concluir: a maioria dos pesquisadores concorda que o uso da ausculta cervical é um meio eficaz para a avaliação da deglutição na disfagia orofaríngea, porém não pode ser o único; existem diferenças entre o som da deglutição normal e na disfagia orofaríngea, principalmente no parâmetro de duração que, apresenta-se maior no indivíduo disfágico; as variáveis, consistência e volume dos alimentos, bem como sexo e idade interferem nas características do som da deglutição; a literatura ainda é escassa no que diz respeito à caracterização dos sons da deglutição, principalmente em indivíduos com disfagia; o número de publicações é reduzido, bem como a falta de padronização dos objetivos, diferentes metodologias e, conseqüentemente, resultados diversos dificultam a normatização deste som.

Palavras-chave: Deglutição auscultação; Deglutição; Disfagia

Abstract:

Introduction: The use of cervical auscultation is common in speech therapy and the number of studies on swallowing sounds has increased in recent decades, including those investigating swallowing in normal individuals and those with oropharyngeal dysphagia.

Objective: identify swallowing sound characteristics in oropharyngeal dysphagia using an integrative review of the literature.

Methods: integrative review of the literature to identify studies related to swallowing sound characteristics in individuals with oropharyngeal dysphagia. The Medline, Lilacs and Scielo databanks were surveyed in May 2016 and articles published in Portuguese, English and Spanish were selected. There was no restriction for year of publication. The studies were analyzed in June and July 2016 in line with inclusion and exclusion criteria.

Results: a total of 1266 articles were found but 1187 were excluded for the title, 71 for being repeated, 1174 for not meeting the inclusion criteria, 32 for the abstract and 5 for the complete text, leaving 11 studies in this review.

Conclusion: Most researchers agree that the use of cervical auscultation is an effective technique to assess swallowing in individuals with oropharyngeal dysphagia, but is not the only method; there are differences between swallowing in normal individuals and those with oropharyngeal dysphagia, primarily in terms of duration, which is longer in the latter; food consistency and volume, as well as sex and age interfere in swallowing sound characteristics; few studies have characterized swallowing sounds, mainly in dysphagic individuals; and those that have lack standard objectives and use different methodologies, thereby hindering normatization of this sound.

Key-words: Swallowing auscultation. Deglutition. Dysphagia.

Introdução

O uso da ausculta cervical (AC) para avaliação e monitoramento da função de deglutição nos casos de disfagia orofaríngea tem sido muito utilizado na prática fonoaudiológica, principalmente pelo caráter não invasivo, praticidade e baixo custo. Esse fato impulsionou as pesquisas na tentativa de comprovar a validade do uso dessa ferramenta e por isso tornou-se objeto de estudo de pesquisadores, tanto no âmbito nacional como internacional.^{1,2}

Os estudos^{2,3} indicam que os sons que ocorrem durante a deglutição podem contribuir para a detecção de alterações dessa função, as quais podem levar ao comprometimento da saúde pulmonar do indivíduo, como no caso das disfagias orofaríngeas. Acredita-se que os sons produzidos no ato da deglutição, em indivíduos não-disfágicos, sejam diferentes dos sons daqueles que apresentam disfagia.⁴

Para conseguir estabelecer parâmetros objetivos, as pesquisas^{5,6,7} buscaram identificar as características do som da deglutição a partir do padrão de normalidade para em seguida, identificar os sons nas alterações dessa função. Ficou constatado que algumas variáveis podem interferir na caracterização desses sons, como volume e consistência do alimento, duração da deglutição, idade e gênero do indivíduo.^{6,7}

Contudo, ainda não se chegou a uma padronização desse som, nem quanto à normalidade e, menos ainda, quanto à deglutição alterada, apesar do aumento no número de publicações nessa área.⁸

O objetivo desse estudo é identificar quais são as características do som da deglutição na disfagia orofaríngea por meio de uma revisão integrativa da literatura.

Método

A metodologia empregada neste estudo foi uma revisão integrativa da literatura para identificar os estudos relacionados às características do som da deglutição na disfagia orofaríngea.

Para tanto, foi realizado levantamento bibliográfico nas plataformas Pubmed e Bireme e foram consultadas as bases de dados Medline, Lilacs e Scielo, no decorrer de maio de 2017. Foram selecionados artigos publicados na língua portuguesa, inglesa e espanhola e não houve restrição quanto ao ano de publicação. Os estudos foram analisados em junho e julho de 2017 de acordo com os critérios de inclusão e exclusão determinados.

As estratégias de busca foram realizadas baseadas nos seguintes descritores (DeCs e MeSH): auscultation, swallowing auscultation, deglutition, dysphagia e acoustic.

Estratégias de busca

A pergunta norteadora para a seleção dos artigos foi: “Quais as características acústicas do som da deglutição em indivíduos com disfagia orofaríngea?”. Para seleção dos estudos, foram utilizados os descritores da seguinte forma: *auscultation OR deglutition, auscultation AND deglutition, swallowing auscultation AND deglutition, swallowing AND auscultation, auscultation AND dysphagia e acoustic AND dysphagia.*

Critérios de seleção

Critérios de inclusão

Foram incluídos artigos com diferentes tipos de desenho de estudo realizados com sujeitos com disfagia, comparativos entre disfagia e deglutição normal, ambos os sexos, diferentes idades, diferentes instrumentos de captação do som da deglutição, comparação de diferentes instrumentos de avaliação da deglutição com AC.

Critérios de exclusão

Foram excluídos estudos realizados exclusivamente com crianças, exclusivos de análise da deglutição normal, exclusivos para análise do som da respiração, exclusivo para avaliação ou validação de instrumento de captação do som.

Identificação do estudo, seleção e inclusão

A seleção foi realizada por uma pesquisadora, e verificada por mais um dos autores. Em seguida, foram selecionados os artigos a partir da leitura do título, quando foram excluídos estudos repetidos ou que não correspondiam com o objetivo do presente estudo. Em sequência foram lidos os resumos e selecionados os textos completos. Nesse processo foram observados os critérios de inclusão/exclusão. (Fig. 1) Os dados foram organizados em uma planilha do *Excel 2010*.

Foram considerados os seguintes dados para análise dos artigos selecionados: autor, ano e local de publicação, nível de evidência científica, tipo de estudo, objetivos, amostra, instrumentos utilizados para captação/gravação do som da deglutição e avaliação da função, resultados e conclusões.

O nível de evidência científica foi verificado por meio da classificação utilizada pelo *Oxford Centre for Evidence-based Medicine*.⁹

Resultados

Após o uso das estratégias de busca descritas anteriormente, foram identificados 1266 artigos científicos. Destes, 1187 artigos identificados pela PubMed, via Bireme, 79 pelo Lilacs via Medline e zero pelo Scielo. Após a leitura do título, 71 foram excluídos por estarem repetidos e 1147 por não preencherem os critérios de inclusão. Em seguida, foram excluídos após as respectivas leituras: 32 artigos pelo resumo e cinco pelo texto completo. Desta forma, foram selecionados para o presente estudo 11 artigos.

A seleção está demonstrada no fluxograma (Fig. 1) e a síntese de cada artigo analisado nesta revisão integrativa encontra-se na tabela 1.

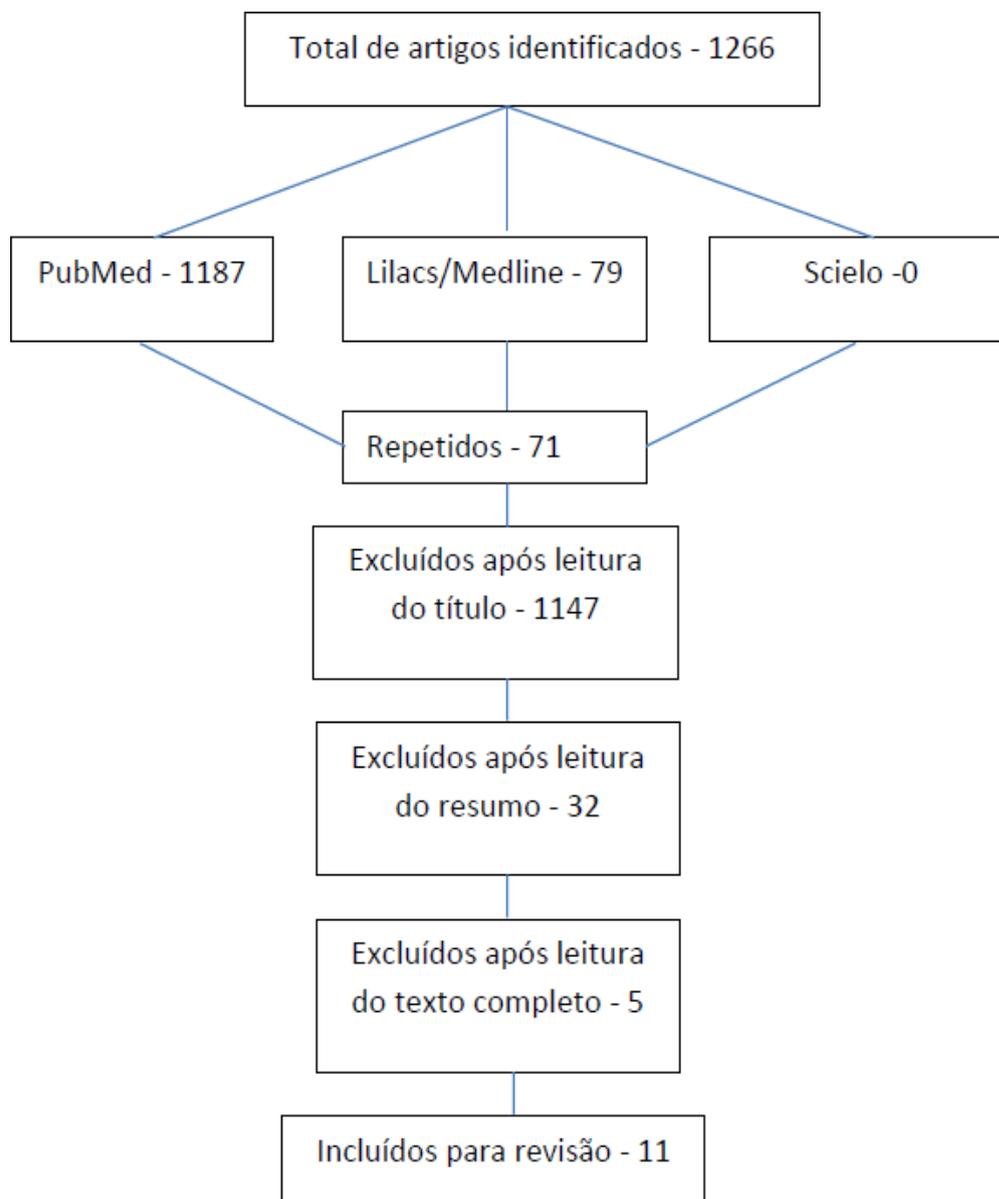
Figura 1: Fluxograma da seleção dos artigos

Tabela 1: Síntese dos artigos incluídos na revisão

AUTOR	ANO/LOCAL	NÍVEL Evidência	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	AMOSTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS	CONCLUSÕES
Zenner et al.	1995, EUA	1C	Observacional Transversal	Avaliar a sensibilidade e especificidade entre a avaliação da deglutição com ausculta cervical e videofluoroscopia	50 pacientes com disfagia: homens (23-103 anos)	Estetoscópio (avaliação clínica) e videofluoroscopia	Concordância com significância estatística para identificação da aspiração (fase faríngea - 76%) e para gerenciamento da dieta (82% - líquido fino e 88% - semissólido/sólido); baixa concordância para fase oral (72% para atraso e 62% residuo em recessos faríngeos).	A ausculta cervical ainda apresenta limitações; não há dados suficientes para apoiar a correlação de sons acústicos com eventos específicos de deglutição.
Lazarek L, Miouszavi Z.	Canadá, 2004	3B	Observacional Transversal	Investigar se existem diferenças entre os sons da deglutição normais e alterada;	15 controles: 12 crianças (3-16 anos) e 3 adultos (35, 38 e 54 anos); 11 Pacientes com história de disfagia: 11 adultos (16-25 anos)	Videofluoroscopia e acelerômetro (Siemens EMT 25C)	Média da duração do som da deglutição para semissólido, líquido engrossado e fino respectivamente: Normal - 0.8s, 0.8s e 0.9s / alterada - 1.2s, 1.4s e 0.8s significância para semissólido e líquido engrossado; Frequência do som da deglutição: pico de frequência menor nas deglutições alteradas para líquido fino e espessado, média sem significância estatística, comparação da frequência entre as texturas com diferença entre semissólido e líquido fino e engrossado.	Os métodos do estudo esperam auxiliar como ferramenta nos transtornos da deglutição e, principalmente, na compreensão da complexidade dessa função, inclusive viabilizando uma forma de diagnóstico não invasivo.
Leslie. P et al.	2004, Reino Unido	3B	Observacional Transversal	Procurar determinar a confiabilidade do avaliador e o	10 indivíduos com deglutição normal (sem penetração/aspiração) e 10	Estetoscópio da marca Littmann e videofluoroscopia.	Confiabilidade intra avaliadores	A concordância entre juizes foi pobre; A validade

Borr et al.	2007, Alemanha	38	Observacional Transversal	<p>impacto sobre o valor clínico da ausculta cervical e comparar os achados com a videofluoroscopia.</p> <p>a) determinar características acústicas da deglutição com disfagia; b) identificar mudanças acústicas em perfis de deglutição de idosos saudáveis adultos jovens; c) verificar a concordância entre juízes avaliadores da AC; d) identificar se o treinamento em AC capacita os avaliadores.</p>	<p>indivíduos com deglutição alterada (com penetração/aspiração); 19 fonoaudiólogos avaliadores.</p>	<p>Estetoscópio e videofluoroscopia</p>	<p>variou de 0,12-0,71 (kappa); não houve correlação com anos de experiência dos avaliadores ou frequência de uso (kappa=17); relação da aspiração / penetração = 66 % de especificidade , sensibilidade de 62% , 90 % de especificidade e sensibilidade de 80 %; Aumento na confiabilidade individual e verdadeira taxa positiva (rs = 0,623 , p = 0,040)</p>	<p>é dependente de confiabilidade(melhorando a capacidade de avaliação dos avaliadores poderá melhorar a precisão da técnica da AC para identificar alteração na deglutição; Os sinais auditivos do som da deglutição colaboram para uma classificação confiável.</p>
				<p>Primeira parte: 14 pacientes disfágicos (10 mulheres e 4 homens) com idade média de 71,3 anos; Grupo controle: 25 jovens (11 mulheres e 14 homens) com idade média de 30,9 anos e 25 idosos (13 mulheres e 12 homens) com idade média de 76,2 anos.</p> <p>Segunda parte: 20 leigos, 20 alunos do grupo de pesquisa de linguagem e 9 fonoaudiólogos com experiência em disfagia e uso de AC.</p>			<p>Os sons da deglutição contêm pistas auditivas que devem permitir o uso com confiança da AC como um método de detecção precoce em pacientes com um elevado risco de aspiração / penetração; a AC não deve ser o único instrumento utilizado para diagnóstico de disfagia.</p>	

Yadollah A., Moussavi Z.	2007, Canadá	3B	Observacional Transversal	Identificar os domínios de duração e frequência do som da deglutição de indivíduos disfágicos e não disfágicos nos segmentos do som IDS (som inicial correspondente à abertura do esfíncter cricofaríngeo), BTS (corresponde à passagem do bolo para o esfago) e WHL (IDS+BTS)	130 sinais de deglutição de não disfágicos: 6 crianças (3-16 anos) e 2 adultos (35 e 54 anos); 35 sinais de deglutição de disfágicos: 6 pacientes (16-25 anos)	Accelerómetro (Siemens -EMT25C)	Identificação de aspiração / penetração pelo grupo de especialistas = 70 % de especificidade e 94 % de sensibilidade. A duração de cada segmento é a única característica encontrada em todos os grupos; a frequência variou de 700Hz-1400Hz para o segmento IDS e de 600Hz-1200Hz para o segmento BTS; a sensibilidade para detectar os sons disfágicos foi semelhante em todos os segmentos, exceto no IDS.	É possível a classificação das características e variações individuais com e sem disfagia; Existem componentes de alta e baixa frequência nos sons da deglutição; a classificação dos resultados do segmento WHL foram superiores segmentos de IDS e BTS .
Santamato A et al.	2009, Itália	3B	Observacional Transversal	Desenvolver uma nova técnica para monitorar a deglutição usando um sistema de microfone e notebook realizando análise acústica do som da deglutição normal e alterada.	60 sujeitos saudáveis com deglutição normal divididos em 3 grupos de 10 homens e 10 mulheres em cada (A: 18-35 anos, B: 36-59 anos e C: acima de 60 anos); 15 pacientes com disfagia (8 - AVE, 1 - miastenia gravis, 4 - ELA e 2 com Parkinson)	Microfone (MC-1200) e nasofibroscopia	A duração do som da deglutição de 10ml de líquido nos disfágicos foi maior que nos indivíduos saudáveis com significância estatística (1402.2ms e 440ms respectivamente); sensibilidade = 0.67, especificidade = 1.00	A auscultação cervical pode ser incorporada como instrumento de avaliação da deglutição no leito, mas não pode substituir os demais métodos de avaliação da função.
Sarraf Shirazi S., Moussavi Z.	2011, Canadá	3B	Observacional Transversal	Investigar a normalidade do sinal do som da deglutição e se há diferença entre os dois grupos de indivíduos (com e sem disfagia).	10 disfágicos e 10 não disfágicos	Microfone - Sony (ECM-888), videofluoroscopia ou nazofibroscopia da deglutição	Os sons da deglutição de ambos os grupos não apresentam normalidade.	O som da deglutição é gerado por um sistema não linear e deve ser analisado pelas técnicas não lineares; não foi identificada uma especificidade para caracterização

Ferrucci et al.	2013, Brazil	D	Revisão	Revisão de literatura com artigos Internacionais sobre a AC e sua utilização na prática fonoaudiológica.	13 artigos publicados na base de dados PubMed	Não se aplica	<p>Pesquisas realizadas com crianças, adultos e idosos;</p> <p>diferentes instrumentos para gravação do som: microfone de contato, acelerômetro, estetoscópio;</p> <p>avaliação dos parâmetros de frequência, intensidade e duração do som da deglutição;</p> <p>avaliadas consistências diferentes de alimentos;</p> <p>observou-se diferença do som da deglutição entre idade e sexo</p>	<p>dos grupos por essa técnica;</p> <p>não houve diferenças significativas entre os grupos.</p> <p>Há interesse dos pesquisadores na AC para área da saúde bioengenharia; método de fácil aplicabilidade e baixo custo;</p> <p>Os estudos buscam padronizar os sons da deglutição, e modernizar os instrumentos e metodologias;</p> <p>AC é válida juntamente com outros instrumentos;</p> <p>necessidade de pesquisas para aperfeiçoamento e a validação da técnica.</p>
Bolzan et al.	2013, Brazil	D	Revisão	Verificar a contribuição da AC para a avaliação clínica das disfagias por meio de uma revisão da literatura publicados entre 1992 a 2011.	Revisão de literatura com 28 estudos publicados nas bases de dados Lilacs, Bireme, Medline e Scielo.	Não se aplica	<p>Estudos se aprimorando com a evolução da tecnologia;</p> <p>Mais estudos quantitativos;</p> <p>evidências pouco claras entre componentes sonoros e eventos fisiológicos da fase faríngea;</p> <p>não há evidências de diferenças entre adultos e crianças;</p> <p>alguns estudos mostram concordância</p>	<p>A AC constitui um importante recurso para diagnóstico e monitoramento clínico nas disfagias orofaríngeas.</p>

Golabbakhsh M. et al.	2014, Iran	38	Observacional Transversal	Desenvolver um método automático para a detecção de deglutições de saliva de forma espontânea a partir do sinal de som gravado através da laringofaringe .	34 pacientes com Doença de Parkinson (19 homens e 15 mulheres), com idade média de 59,85 anos.	Microfone de lapela unidirecional e videofluoroscopia.	entre AC e videofluoroscopia. O método automatizado proposto identificou: sensibilidade de 86,67%, especificidade de 77,50% e exatidão de 82,35 %. Não houve significância entre aspiração estágio da doença, idade e sexo. Assim foram avaliados os estudos: 2 de boa qualidade, 3 qualidade moderada e 1 ruim (excluído); nenhum estudo avaliou crianças; sensibilidade variou entre 23%-94% e a especificidade entre 50 a 74%; confiabilidade intra avaliador: grande variedade entre fonocardiólogos	O método proposto tem validade para avaliar a frequência de deglutições automáticas.
Lagarde et al.	2016, Netherlands (Países Baixos)	2A	Revisão Sistemática	Revisão sistemática	6 artigos publicados nas bases de dados: Medline (PubMed), Embase e Cochrane Library.	Não se aplica	As evidências são conflitantes para validação da AC; o uso exclusivo da AC como ferramenta para diagnóstico de disfagia em adultos é insuficiente; não há evidências em crianças; para diagnóstico de disfagia a AC não deve ser utilizada como único instrumento.	

Tabela 1 - Síntese de cada artigo incluído na revisão integrativa.

Discussão

Os estudos selecionados para esta revisão buscaram demonstrar de forma objetiva as características do som da deglutição em indivíduos com disfagia orofaríngea. Foi possível encontrar na literatura um trabalho da década de 90¹⁰ e os demais a partir dos anos 2000. Esse fato mostra o interesse por uma melhor compreensão da complexidade do som da deglutição nas últimas décadas.^{1,2,8,11-}

17

No entanto, para introduzir esta discussão, convém apresentar dados encontrados na literatura referentes ao som da deglutição normal.^{6,7} Estudos apontam que a frequência pode variar de 0Hz a 5000Hz, com média em torno de 2200Hz para a consistência pastosa, a média da duração do sinal para líquido engrossado é de 490 ms, enquanto no pastoso é de 530 ms.^{5,7}

Um estudo avaliou uma amostra significativa de uma população com deglutição normal e encontrou os seguintes parâmetros acústicos: Os valores médios do pico de frequência, pico de intensidade e duração do som da deglutição nos homens e mulheres foram respectivamente: 519,8191(Hz), -10,1211(dB) e 0,3976(s); 487,4373(Hz), -14,0142(dB) e 0,4150(s). Houve diferença estatística significativa no parâmetro pico de intensidade que foi maior nos homens que nas mulheres; e quando comparadas as consistências, a duração do som da deglutição do líquido foi maior que no pastoso para os volumes de 3, 5 e 10ml. Não houve correlação da duração do som da deglutição com os volumes testados.¹⁸

Já os estudos realizados com indivíduos disfágicos identificam características que diferem da população sem alteração na deglutição.^{1,2,8,10-17} Uma pesquisa apresentou média da duração do som da deglutição para semissólido, líquido engrossado e fino de 1.2s, 1.4s e 0.8s, respectivamente. Quanto à frequência do som da deglutição, menor pico nas deglutições alteradas para líquido fino e espessado, além de apresentar diferenças entre texturas dos alimentos avaliados.¹¹ O mesmo grupo de pesquisa, em outro estudo, identificou valores de frequência da deglutição alterada por seguimento do som.¹³

A fase inicial do som difere do seguimento que corresponde ao transporte do bolo alimentar para o esôfago e conclui que é melhor considerar para o estudo do som da deglutição o seguimento total do som da deglutição a ser estudado. A duração do som da deglutição em indivíduos com disfagia é maior quando comparada à deglutição normal. Um estudo identificou a diferença no teste com 10ml de líquido.¹⁴

Algumas pesquisas também tiveram a intenção de verificar a sensibilidade e especificidade, comparando o som da deglutição captado por ausculta cervical com instrumentos objetivos já consolidados na prática clínica como a videofluoroscopia da deglutição e a nasofibrosopia da deglutição (FEES). Todos afirmam ser confiável o uso da AC, porém, não pode ser o único instrumento de avaliação da disfagia.^{2,10,12,14,15,17} A mesma conclusão é relatada em três estudos de revisão de literatura,^{1,8,16} sendo um deles uma revisão sistemática publicada recentemente.⁸

Existe uma variedade quanto ao tipo de instrumento utilizado para a gravação do som da deglutição. É possível observar nos estudos selecionados nesta revisão que foram utilizados estetoscópio, acelerômetro, microfone de contato, e microfone de lapela.^{2,10-15,17} No entanto, ainda não há uma definição de qual instrumento é o mais indicado para esse tipo de captação. Um outro estudo, não selecionado para esta revisão, lança mão do sonar doppler como meio de captação do som da deglutição.¹⁹

Conclusão

- A maioria dos pesquisadores, cujos estudos foram incluídos nesta revisão integrativa, concordam que o uso da AC é um meio eficaz para a avaliação da deglutição na disfagia orofaríngea, porém não pode ser o único;
- Existem diferenças entre o som da deglutição normal e na disfagia orofaríngea, principalmente no parâmetro de duração, a qual se apresenta maior no indivíduo com disfagia orofaríngea;

- As variáveis consistência e volume dos alimentos, bem como sexo e idade, interferem nas características do som da deglutição;
- A literatura ainda é escassa no que diz respeito à caracterização dos sons da deglutição, principalmente em indivíduos com disfagia orofaríngea;
- O número de publicações é reduzido, bem como a falta de padronização dos objetivos, diferentes metodologias e, conseqüentemente, resultados diversos dificultam a normatização deste som.

Referências Bibliográficas

1. Ferrucci JL, Mangilli LD, Sassi FC, Limongi SC, Andrade CR. Sons da deglutição na prática fonoaudiológica: análise crítica da literatura. *Einstein*. 2013;11: 535 - 9.
2. Borr C, Hielscher-Fastabend M, Lücking A. Reliability and Validity of Cervical Auscultation. *Dysphagia*. 2007; 22: 225 – 34.
3. Cichero, JAY, Murdoch BE. The physiologic cause of swallowing sounds: answers from heart sounds and vocal tract acoustics. *Dysphagia*. 1998;13: 39 - 52.
4. Morinière S, Beutter P, Boiron M. Sound component duration of healthy human pharyngoesophageal swallowing: A gender comparison study. *Dysphagia*. 2006; 25: 175 - 82.
5. Takahashi K, Groher ME, Michi KI. Methodology for detecting swallowing sounds. *Dysphagia*. 1994; 9: 54 - 9.
6. Cichero JAY, Murdoch BE. Acoustic signature of the normal swallow: characterization by age, gender and bolus volume. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2002;111: 623 - 32.
7. Youmans SR, Stierwalt JAG. An acoustic profile of normal swallowing. *Dysphagia*. 2005; 20: 195 - 209.

8. Lagarde MLJ, Kamalski DMA, Engel-Hoek L. The reliability and validity of cervical auscultation in the diagnosis of dysphagia: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2016; 30: 199 – 207.
9. Oxford Centre for Evidence-based Medicine (CEBM). Centre for Evidence Based Medicine. Levels of Evidence; 2009.
10. Zenner PM, Losinski DS, Mills RH. Using Cervical Auscultation in the Clinical Dysphagia Examination in Long-Term Care. *Dysphagia.* 1995;10: 27 - 31.
11. Lazareck L, Moussavi Z. Classification of normal and dysphagic swallows by acoustical means. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2004; 51: 12.
12. Leslie P, Drinnan MJ, Finn P, Ford GA, Wilson J, A. Reliability and validity of cervical auscultation: a controlled comparison using videofluoroscopy. *Dysphagia.* 2004;19: 231 – 40.
13. Yadollah A, Moussavi Z. Feature selection for swallowing sounds classification proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2007.
14. Santamato A, Panza F, Vincenzo S, Russo A, Frizardi V, Megna M et al. Acoustic analysis of swallowing sounds: a new technique for assessing dysphagia. *J Rehabil Med.* 2009; 41: 639 – 45.
15. Sarraf Shirazi S, Moussavi Z. Investigating the Statistical Properties of the Swallowing Sounds. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2011.
16. Bolzan GP, Christmann MK, Berwig LC, Costa CC, Rocha RM Contribuição da ausculta cervical para a avaliação clínica das disfagias orofaríngeas. *CEFAC.* 2013;15: 455 - 65.
17. Golabbakhsh M, Rajali A, Derakhshan M, Sadri A. Taheri M, Adib P. Automated acoustic analysis in detection of spontaneous swallows in parkinson's disease. *Dysphagia.* 2014;29: 572 – 7.

18. Silva E. Parâmetros acústicos do som da deglutição normal. Dissertação. Unifesp. 2010.
19. Santos R, Macedo Filho E. Sonar Doppler como Instrumento de Avaliação da Deglutição. Arq. Int. Otorrinolaringol. 2006; 10: 182 - 91.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Tipo de Estudo

Estudo observacional, individual, descritivo, transversal.

5.2. Local

5.2.1. Grupo pesquisa

Pró-Parkinson, programa de ensino, pesquisa e extensão desenvolvido no Hospital das Clínicas e vinculado à Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - Cidade Universitária, S/N, Cidade Universitária – Recife – PE e Serviço de neurologia da Associação Pestalozzi de Maceió, rua Comendador Firmo Lopes, 242 - Farol - Maceió - AL.

5.2.2. Grupo controle

Em local conveniente ao indivíduo, previamente agendado com o pesquisador.

5.3. Amostra

5.3.1. Grupo pesquisa

5.3.1.1. Critérios de inclusão

Indivíduos com diagnóstico de DP, participantes do programa Pró-Parkinson e atendidos no Serviço de Neurologia da Associação Pestalozzi de Maceió, unidade Farol, com escore de um ao três do estadiamento da doença pela Escala de Hoehn&Yahr e com grau de disfagia até o nível cinco da escala FOIS.

5.3.1.2. Critérios de exclusão

Indivíduos com dieta exclusiva por via alternativa de alimentação; história de disfagia mecânica ou neurogênica progressiva à DP; outras alterações neurológicas associadas; traumas e/ou cirurgias em região de cabeça e pescoço; alteração anatômica da cavidade oral e alteração de pele em região cervical; participantes que ficarem impossibilitados de dar prosseguimento à coleta de dados caso venham a apresentar engasgo com risco de penetração ou

aspiração laringotraqueal durante a oferta de alimento pastoso ou deglutição de saliva sem resposta à possíveis manobras de limpeza das vias aéreas inferiores realizadas pela pesquisadora.

5.3.2. Grupo controle

5.3.2.1. Critérios de inclusão

Indivíduos com deglutição normal, escolhidos por conveniência, sem história de doença para risco de disfagia.

5.3.2.2. Critérios de exclusão

Indivíduos com história progressiva de disfagia mecânica ou neurogênica; alterações neurológicas; traumas e/ou cirurgias em região de cabeça e pescoço; alteração anatômica da cavidade oral e alteração de pele em região cervical.

5.4. Coleta de Dados

A presente pesquisa teve início após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFPE, número CAAE: 46835715.0.0000.5208

O termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (apêndice 1) foi lido ao indivíduo e/ou seu responsável, recrutado a participar do estudo pela pesquisadora, que explicou todas as etapas, riscos e benefícios da pesquisa, bem como do comprometimento dos pesquisadores envolvidos em assegurar a confidencialidade e privacidade dos participantes. Em seguida, o indivíduo e ou responsável que consentiu a participação, assinou o termo e, no caso de não ser alfabetizado, colocou a digital.

Ao consentimento, cada indivíduo e/ou responsável respondeu a um questionário correspondente ao preenchimento dos critérios de inclusão / exclusão (apêndice 2) e a pesquisadora terminou o preenchimento com os dados relacionados ao grau da disfagia por meio da aplicação da escala FOIS, proposta por Crary et al. (2005) e com a classificação do estadiamento da DP, informado pelo médico assistente no ato da consulta e coleta dos dados.

O indivíduo participante da pesquisa ficou na posição sentada e foi realizada a limpeza da pele com álcool e algodão na região cervical onde foi posicionado o microfone de contato que foi construído, tendo com base no funcionamento de um microfone de eletreto, semelhante a de um eletrofisiógrafo da marca *E&M Physiograph* (anexo 1), devidamente calibrado antes do início da coleta dos dados (anexo 2). O microfone possui forma circular com 3,5cm de diâmetro e 1cm de altura, com *plug* próprio para entrada em micro computador. Esse instrumento não capta som de ruídos externos por se tratar de um instrumento para captação de sons fisiológicos. Portanto, o ambiente onde ocorreram as gravações, não necessitaram de tratamento acústico, apenas de baixo ruído. A pastilha piezo elétrica que compõe o microfone, foi posicionada na região lateral da traquéia, imediatamente inferior à cartilagem cricóide à direita (Chiero & Murdoch, 2002) e a pesquisadora ou cuidador segurou com discreta pressão para que fosse captado o som, de forma que não alterasse o posicionamento da laringe. O sujeito foi orientado a se possível, não realizar outros ruídos como a fala, por exemplo.



Figura 01: Microfone



Figura 02: Posicionamento do microfone

Em seguida, foi solicitado que o sujeito realizasse a deglutição de saliva 3 vezes e em seguida a deglutição de pastoso (iogurte natural sem adição de açúcar) na seguinte ordem: 1ml por vez, totalizando 3 vezes, deglutição de 3ml por vez totalizando 3 vezes, deglutição de 5ml totalizando 3 vezes e por fim, que ele fizesse a deglutição de 10ml totalizando 3 vezes. O iogurte foi ofertado em colher descartável com os respectivos volumes mensurados em seringa descartável graduada. Em qualquer momento da coleta, caso o indivíduo apresentasse sinais de penetração e/ou aspiração laringotraqueal, a pesquisadora realizaria manobras para limpeza dos recessos faríngeos até o total *clearance* dessas estruturas e a coleta seria suspensa imediatamente.



Figura 03: Materiais utilizados na coleta - iogurte, seringa 20ml e colher descartável

Os sons foram gravados em um computador portátil (notebook) da marca *DEll*, modelo G42-220BR e analisados através do *software* de análise acústica *Abobe Audition*, versão 1.5.

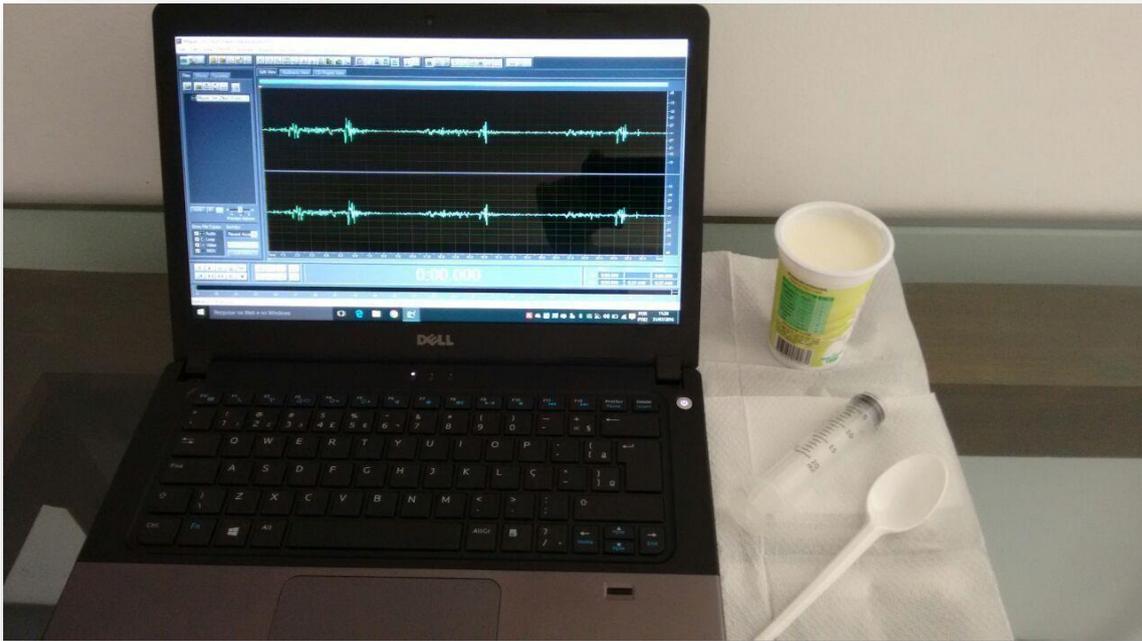


Figura 04: *Notebook* e materiais utilizados na coleta

Com relação à análise dos dados, foram estudados os valores médios das cinco maiores frequências (F1 a F5) (Hz) com as respectivas intensidades (I1 a I5) (dB) e duração (ms), das três deglutições realizadas por cada indivíduo por cada consistência e volumes, em virtude das deglutições apresentarem variações nos registros dos sinais gráficos, mesmo com volumes e consistência controlados.

No caso do indivíduo ter realizado deglutições múltiplas para o volume ofertado, foram consideradas todas as deglutições até o final da ingesta do referido volume.

Os picos de frequência e picos de intensidade foram obtidos por meio da conversão do sinal gráfico através da transformada de *Fourier*, realizadas pelo *software* de análise acústica. A decomposição da frequência é realizada com a diferença de 0,67 Hertz entre os pontos, por ser a forma mais sensível utilizada pelo *software* para o estudo desse parâmetro.

As medidas de duração foram obtidas por meio inspeção visual e auditiva realizadas de forma simultâneas durante a mensuração do sinal gráfico iniciado imediatamente com a marcação do início do primeiro clique correspondente ao início da deglutição até imediatamente após o término do “burst” respiratório (correspondente ao som da expiração).

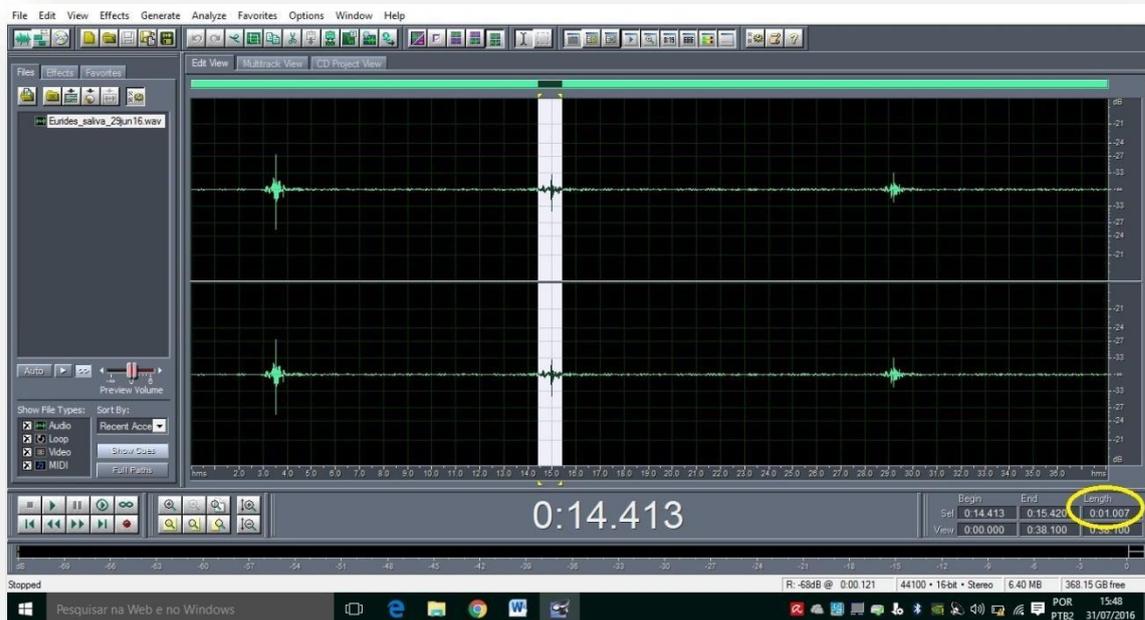


Figura 05: Exemplo da mensuração do sinal correspondente ao som de uma deglutição de saliva de um indivíduo com Doença de Parkinson para avaliar os parâmetros de frequência, intensidade e duração. Neste exemplo a duração foi de 1,007ms.

5.5. Variáveis

5.5.1. Variável Primária

Acústica do som da deglutição de indivíduos com e sem doença de Parkinson.

5.5.2. Variáveis Secundárias

Volume e consistência do alimento, idade, sexo, número de deglutições, grau da disfagia e estadiamento da DP.

5.6. Método Estatístico

5.6.1. Amostragem

Foi realizado o cálculo do tamanho da amostra utilizando-se a fórmula para população finita conforme variáveis a seguir: erro tipo I – 0,05, N = 400, desvio padrão = 46,8, erro tolerável = 16 e variável reduzida = 1,96, cujo resultado final foi de N= 30,6.

5.6.2. Grupo pesquisa

Foram recrutados 31 pacientes com diagnóstico de DP que participam do Pró-Parkinson, programa de ensino, pesquisa e extensão desenvolvido no Hospital das Clínicas e vinculado à Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e no Serviço de Neurologia da Associação Pestalozzi de Maceió.

5.6.3. Grupo controle

Foram recrutados trinta indivíduos por conveniência.

5.6.4. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada considerando-se o intervalo de confiança de 95%, o valor de α de 5% (erro tipo I) e o valor de β (erro tipo II) de 10%.

A análise descritiva foi feita através do resumo numérico dos dados quantitativos através das medidas de locação e dispersão (média e desvio padrão).

Foi utilizada a estatística analítica para correlacionar os parâmetros acústicos do som da deglutição (frequência, intensidade e duração) com volume e consistência do alimento, idade, sexo, grau da disfagia e estadiamento da doença.

Para comparação das variáveis numéricas, foram utilizados os seguintes testes: Teste de Aderência (Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov); Teste U de Mann-Whitney para amostra Não-Normal; ANOVA, com o teste Post Hoc de Bonferroni;

Ainda foi utilizado o teste de correlação bivariada de grau de relacionamento linear por meio do coeficiente de Pearson para realizar as correlações dos parâmetros acústicos do som da deglutição (frequência, intensidade e duração) com as variáveis consistência, volume, idade, estadiamento da doença e grau da disfagia do grupo pesquisa.

As análises estatísticas, descritiva e analítica foram realizadas pelos aplicativos Excel 2010 e SPSS (*Statistical Package For Social Sciences*) versão 21.0.

6. RESULTADOS:

A amostra foi calculada estatisticamente utilizando-se o cálculo para média de população finita. Foi composta por dois grupos não pareados: o grupo controle (GC), cujos participantes foram indivíduos sem doença de Parkinson e o grupo pesquisa (GP), correspondente aos pacientes com diagnóstico da doença de Parkinson. Os resultados obtidos na pesquisa serão apresentados inicialmente com os dados referentes ao GC, seguidos do GP e posteriormente as análises de comparação entre os grupos.

6.1. Grupo Controle

Participaram do GC trinta indivíduos, destes, dez do sexo masculino (33,33%) e vinte do sexo feminino (66,67%).

A idade do GC variou de 47 a 82 anos, com média de 60,9 e desvio padrão = 9,324. A média de idade para o sexo masculino foi de 58,5 anos com desvio padrão = 9,392 e para o sexo feminino foi de 62,1 anos com desvio padrão = 9,1.

A tabela 1 apresenta os valores das médias de duração (ms), das cinco maiores frequências (F1, F2, F3, F4 e F5) (Hz) e suas respectivas intensidades (I1, I2, I3, I4, I5) (dB), considerando todas as consistências e volumes testados por sexo do GC.

A duração apresentou-se no sexo feminino ligeiramente maior (um pouco mais de 1000 ms), assim como as frequências estudadas, porém com valores muito aproximados quando comparados ao sexo masculino. Variaram em torno de 1284,994Hz a 14690,570Hz para os homens e 1665,660Hz a 15513,434Hz para as mulheres. Já as intensidades não sofreram variações, ficando em torno de 83dB a 84 dB em ambos os sexos no GC.

Tabela 1: Valores das médias da duração (ms), frequências (Hz) de F1 a F5 e suas respectivas intensidades (dB) de I1 a I5 considerando todas as consistências e volumes testados por sexo do GC.

Duração (ms) Frequência (Hz) Intensidade (dB)	Masculino	Feminino
Duração	2094.380	3215.286
DP	1595.835	2845.323
F1	1284.994	1665.660
DP	1666.533	2005.582
I1	84.222	83.690
DP	1.200	1.408
F2	3323.583	3914.513
DP	2670.388	2796.108
I2	83.897	83.572
DP	1.403	1.623
F3	6678.118	6874.683
DP	4804.081	3631.021
I3	83.318	83.723
DP	1.109	1.787
F4	10053.045	10481.919
DP	4627.623	4406.563
I4	83.663	83.667
DP	1.633	1.594
F5	14690.570	15513.434
DP	4522,674	3687.428
I5	83.531	83.679
DP	1.359	1.602

A tabela 2 demonstra a média da duração do som da deglutição da saliva e pastoso com 1ml, 3ml, 5ml e 10ml, respectivamente. É possível observar que a duração do som da deglutição aumentou a medida do aumento do volume do conteúdo deglutido.

Tabela 2: Valores médios e respectivos desvios-padrão da duração (ms) do som da deglutição por consistências e volumes do grupo controle

Consistência/ volume	Duração (ms)	
	Média	DP
Saliva	1420.722	515.441
Pastoso 1ml	2185.322	1932.648
Pastoso 3ml	2777.277	2445.096
Pastoso 5ml	3452.155	3061.189
Pastoso 10ml	4372.777	2947.082

Em seguida, são apresentados os valores das médias das frequências (Hz) e suas respectivas intensidades (dB) do som da deglutição da saliva e pastoso com 1ml, 3ml, 5ml e 10ml, respectivamente.

É possível observar que ocorre grande variação no parâmetro de frequência, mesmo com o volume controlado, mas a intensidade variou em apenas 1decibél (83dB a 84 dB) para todas as consistências e volumes testados

Tabela 3: Valores médios e respectivos desvios-padrão das frequências (Hz) e suas respectivas intensidades (dB) do som da deglutição por consistências e volumes do grupo controle

Frequência(Hz)/ Intensidade(dB)	Saliva	Pastoso 1ml	Pastoso 3ml	Pastoso 5ml	Pastoso 10ml
F1	1360.696	1632.665	1434.200	1337.660	1730.170
DP	2409.359	1528.499	1466.206	1322.116	2496.878
I1	84.121	83.769	84.386	84.068	83.611
DP	1.134	1.106	1.883	1.817	1.516
F2	3598.220	3425.327	4472.064	4089.761	4049.049
DP	3135.875	2361.071	3153.033	2455.431	3417.524
I2	83.782	83.999	83.700	83.467	83.153
DP	1.438	1.684	1.821	1.754	1.035
F3	6638.462	6131.287	8021.320	7364.939	7779.834
DP	4047.781	3264.326	4452.943	4776.411	4611.227
I3	83.613	83.862	83.876	83.340	83.263
DP	1.331	1.942	2.082	1.494	1.139
F4	10771.917	9705.171	11513.915	10914.844	10597.701
DP	4068.686	4315.559	4896.536	4827.288	4913.370
I4	83.490	83.730	83.701	83.618	83.756
DP	1.437	1.661	1.809	1.744	1.582
F5	15406.020	14686.743	15088.495	15913.239	15502.986
DP	3946.554	3881.481	4491.921	3622.256	4661.243
I5	83.702	83.743	83.579	83.209	83.751
DP	1.490	1.547	1.730	1.445	1.607

O teste ANOVA foi utilizado para comparação intergrupos e revelou que houve significância estatística no parâmetro de duração (ms), $p = 0,000^*$, exceto com o volume de 3ml que não apresentou significância ($p > 0,005$). Contudo, para os parâmetros de frequência (Hz) e intensidade (dB) não houve significância ($p > 0,005$). O Teste Post Hoc (Bonferroni) foi utilizado para realizar múltiplas comparações e identificou quais os volumes e consistências em que ocorreram a significância estatística com os parâmetros testados, como mostra a tabela 4. É possível observar que as diferenças foram significantes a medida que aumentou a diferença entre os volumes testados no GC.

Tabela 4: Significância do parâmetro de duração (ms) entre os volumes e consistências testados do grupo controle

Parâmetro	Consistência/volume	Consistência/volume	Valor de p
Duração	Saliva	5ml	0.011*
		10ml	0.000*
	1ml	10ml	0.005*
	5ml	Saliva	0.011*
	10ml	Saliva	0.000*
		1ml	0.000*

6.2. Grupo Pesquisa

Foram analisados os dados de 31 participantes do GP, destes, 21 foram do sexo masculino (67,73%) e 10 do sexo feminino (32,25%).

A idade variou de 33 a 81 anos com média de 63,32 anos e desvio padrão = 9,97 anos. A média de idade para os homens foi de 65,14 anos e desvio padrão = 8,962, enquanto para as mulheres a média foi um pouco menor, 59,5 anos e desvio padrão = 10,966.

Quanto ao estadiamento da doença, foram identificados 22,59% (n=7) com grau 1, 41,93% (n=13) com grau 2 e 35,48% (n=11) com grau 3 de acordo com a escala de Hoen&Yahr.

Com relação ao grau da disfagia, foram identificados 25,81% (n=8) em nível 7, 29,03% (n=9) em nível 6 e 45,16% (n=14) em nível 5, baseado na classificação da escala FOIS.

A tabela 5 apresenta os valores das médias de duração (ms), das cinco maiores frequências (F1, F2, F3, F4 e F5) (Hz) e suas respectivas intensidades (I1, I2, I3, I4, I5) (dB), considerando todas as consistências e volumes testados por sexo do GP.

É possível observar que a duração do som da deglutição é ligeiramente maior nos homens quando comparado às mulheres: 3983,663 (ms) e 3593,400 (ms), respectivamente. Os valores médios de frequência variaram em torno de 1840,576Hz a 14952,579Hz para os homens e 1602,340Hz a 15156,508Hz para as mulheres. Em todas as frequências, no sexo feminino foi ligeiramente maior, exceto em F1. Já a intensidade quase não apresentou variação, ficando em torno de 83dB a 84dB para ambos os sexos.

Tabela 5: Valores das médias da duração (ms), frequências (Hz) de F1 a F5 e suas respectivas intensidades (dB) de I1 a I5 considerando todas as consistências e volumes testados por sexo.

Duração (ms)	Masculino	Feminino
Frequência (Hz)		
Intensidade (dB)		
Duração	3983.663	3593.400
DP	3277.980	3222.289
F1	1840.576	1602.340
DP	2316.830	1036.724
I1	83.882	83.3582
DP	1.381	1.28188
F2	3943.595	4387.780
DP	3054.461	3008.515
I2	83.464	83.317
DP	1.38382	1.191
F3	6463.101	7077.532
DP	3663.680	3939.705
I3	83.536	82.964
DP	1.397	1.135
F4	10021.649	10557.796
DP	4144.422	4920.890
I4	83.611	83.542
DP	1.564	1.450
F5	14952.579	15156.508
DP	3589.071	3613.804
I5	83.988	84.004
DP	1.885	2.003

A tabela 6 demonstra a média da duração do som da deglutição da saliva e pastoso com 1ml, 3ml, 5ml e 10ml, respectivamente.

Nota-se que, assim como ocorreu com o GC, a duração também aumentou conforme a progressão do volume com os doentes de Parkinson.

Tabela 6: Valores médios e respectivos desvios-padrão da duração (ms) do som da deglutição por consistências e volumes do grupo pesquisa

Consistência/ volume	Duração (ms)	
	Média	DP
Saliva	1561.766	535.828
Pastoso 1ml	2874.462	1920.598
Pastoso 3ml	3333.258	2194.506
Pastoso 5ml	4713.709	3428.255
Pastoso 10ml	6641.791	4204.415

Em seguida, são apresentados os valores das médias das frequências e suas respectivas intensidades do som da deglutição da saliva e pastoso com 1ml, 3ml, 5ml e 10ml, respectivamente.

Assim como no GC, ocorreu também grande variação no parâmetro de frequência, inclusive com valores aproximados (1295Hz a 15970Hz). A intensidade manteve a variação de 1decibél (83dB a 84 dB) para todas as consistências e volumes testados.

Tabela 7: Valores médios e respectivos desvios-padrão das frequências (Hz) e suas respectivas intensidades (dB) do som da deglutição por consistências e volumes do grupo pesquisa.

Frequência(Hz)/ Intensidade(dB)	Saliva	Pastoso 1ml	Pastoso 3ml	Pastoso 5ml	Pastoso 10ml
F1	2504.042	1655.973	1886.782	1514.835	1295.965
DP	2528.100	1876.403	2149.485	1845.995	1329.826
I1	84.097	83.689	83.634	83.753	83.413
DP	1.395	1.507	1.502	1.275	1.129
F2	4593.705	3842.353	4115.664	4286.019	3627.819
DP	3436.293	2584.130	2971.714	3379.762	2854.202
I2	83.578	83.581	83.554	83.122	83.257
DP	1.534	1.296	1.305	1.142	1.329
F3	6965.609	6270.721	6526.601	6980.795	6575.386
DP	4238.912	3117.444	3297.025	3937.057	4227.576
I3	83.113	83.542	83.540	83.303	83.255
DP	1.183	1.450	1.451	1.131	1.478
F4	9483.155	10342.971	10543.194	10250.087	10326.389
DP	4741.738	4389.351	4500.939	3973.499	4582.144
I4	83.545	83.678	83.679	83.801	83.251
DP	1.615	1.538	1.537	1.637	1.321
F5	14588.947	15892.198	15970.321	14607.065	14050.645
DP	3857.076	2971.830	3037.108	3832.411	3913.417
I5	83.739	84.503	84.382	83.862	83.487
DP	1.621	2.279	2.258	1.661	1.555

Assim como foi utilizado no GC, o teste ANOVA foi realizado para comparação intergrupos. Também ocorreu significância estatística no parâmetro de duração (ms), $p = 0,000^*$ e nos parâmetros de frequência (Hz) e intensidade (dB) não houve significância ($p > 0,005$). Para múltiplas comparações, o teste Post Hoc identificou quais os volumes e consistências em que ocorreram a significância estatística com os parâmetros testados

Houve significância estatística quanto maior foi a diferença entre os volumes testados nesta população, conforme correspondências demonstradas

acima. Pode-se notar que o mesmo ocorreu com o GC, exceto com o volume de 3ml que apresentou diferença significativa quando comparado a 10ml no GP.

Tabela 8: Significância do parâmetro de duração (ms) entre os volumes e consistências testados do grupo pesquisa.

Parâmetro	Consistência/volume	Consistência/volume	Valor de p
Duração	Saliva	5ml	0.000*
		10ml	0.000*
	1ml	10ml	0.000*
	3ml	10ml	0.000*
	5ml	Saliva	0.000*
	10ml	Saliva	0.000*
		1ml	0.000*
		3ml	0.000*

A seguir, serão apresentados os dados das correlações entre o GP dos parâmetros de duração (ms), frequência (Hz) e intensidade (dB) com as variáveis idade, estadiamento da doença (escala Hoen&Yahr) e grau da disfagia (escala FOIS).

As tabelas que se seguem apresentam os resultados entre as comparações da duração do som da deglutição com a idade, grau da disfagia e estadiamento da DP (tabela 9) e a comparação entre as frequências (Hz) (F1 a F5) e respectivas intensidades (dB) (I1 a I5) com as variáveis (tabela 10).

Não houve significância estatística do parâmetro duração com a idade, porém o teste de correlação bivariada de grau de relacionamento linear por meio do coeficiente de Pearson indica que há correlação da duração do som da deglutição com o estadiamento da DP e com o grau de disfagia no GP, apesar de serem indicadores de média e fraca correlação, respectivamente. O sinal negativo indica que quanto maior a duração, menor o índice.

Outro dado relevante foi a correlação entre a o estadiamento da doença e o grau da disfagia que também apresentou significância estatística com $p=0,245^*$.

Tabela 9: Comparações da duração (ms) do som da deglutição com a idade, estadiamento da DP e grau da disfagia.

Parâmetro	Idade Valor de p	Estadiamento da DP Valor de p	Grau da Disfagia Valor de p
Duração	0.034	-0.033**	-0.210**

Assim como não houve significância estatística da idade com o parâmetro de duração, o mesmo não ocorreu com a frequência e suas respectivas intensidades. Quanto ao estadiamento da DP e grau da disfagia, houve significância na correlação, porém em frequências e intensidades variadas, como demonstra a tabela abaixo.

Tabela 10: comparação entre as frequências (F1 a F5) e respectivas intensidades (I1 a I5) com as variáveis

Parâmetro	Idade Valor de p	Estadiamento da DP Valor de p	Grau da Disfagia Valor de p
F1	0.032	0.038**	-0.026
I1	0.148	0.171	0.074**
F2	-0.051	0.055	-0.106**
I2	0.014	0.173**	-0.079
F3	-0.059	0.173**	-0.085**
I3	0.139	0.120**	0.167
F4	0.046	-0.020	-0.123**
I4	0.035	0.147	0.019
F5	-0.013	-0.080	-0.047**
I5	0.050	0.166	-0.101*

A tabela 11 apresenta a correlação entre os parâmetros de frequência (F1 a F5) e intensidade (I1 a I5) com o parâmetro de duração, apresentando a I1 como a única intensidade com significância estatística.

Tabela 11: Comparação entre os parâmetros de frequência (Hz) (F1 a F5) e intensidade (dB) (I1 a I5) com o parâmetro de duração (ms).

Parâmetro	Duração Valor de p
F1	-0.135
I1	-0.230**
F2	-0.029
I2	-0.062
F3	0.006
I3	-0.053
F4	0.044
I4	-0.125
F5	-0.112
I5	-0.062

6.3. Comparações entre o Grupo Controle e o Grupo Pesquisa

Para verificar se houve diferença entre os sexos, foi utilizado o teste de comparação U de Mann-Whitney que não identificou diferença entre homens e mulheres quando comparados os grupos. Apenas um valor aproximado à significância em I1 com $p=0,020$.

Quanto ao modo de deglutição, foi observado que o GP realizou mais deglutições múltiplas quando comparado ao GC, conforme demonstra a tabela abaixo.

Tabela 12: Modo de deglutição por grupos

Grupo	Deglutição Única	Deglutição Múltipla
GC	57.3% (n=86)	42.7% (n=64)
GP	36.8% (n=57)	63.2% (n=98)

A seguir, é apresentada a comparação entre os parâmetros de duração (ms), frequência (Hz) e intensidade (dB) do som da deglutição entre o GC e GP.

É possível observar que o único parâmetro que apresentou diferença significativa foi o de duração ($p=0,000^*$).

Tabela 13: Comparação entre os parâmetros de duração (ms), frequência (Hz) e intensidade (dB) do som da deglutição entre os grupos.

Duração	F1/ I1	F2/ I2	F3/ I3	F4/ I4	F5/ I5
Valor de p					
0.000*	0.210	0.353	0.850	0.782	0.363
	0.108	0.080	0.277	0.392	0.859

7. DISCUSSÃO:

Para a captação do som da deglutição e a possibilidade da realização dos estudos, os pesquisadores tem utilizado diferentes instrumentos tais como: estetoscópio (Zenner et al., 1995; Leslie et al. 2004; Borr et al., 2007), acelerômetro (Lazareck e Moussavi, 2004; Yadollah e Moussavi, 2007), microfone de contato (Silva, 2010; Hammoudi, 2014), microfone de lapela (Sarrafi Shirazi e Moussavi, 2011), microfones comerciais adaptados (Santamato, 2009; Golabbakhsh et al., 2014) e sonar doppler (Santos e Macedo, 2006).

A presente pesquisa utilizou o microfone de contato, também chamado de microfone de eletreto, composto por pastilha piezo elétrica, cuja propriedade permite a captação do som fisiológico como o da deglutição com qualidade, sem necessitar de ambiente acusticamente tratado para gravação, apenas de baixo ruído.

A grande diversidade de instrumentos utilizados pelos pesquisadores pode ser uma das razões para que ainda não se tenha estabelecido parâmetros acústicos, tanto de normalidade como de alteração do som da deglutição.

Para este estudo foi considerado o registro do sinal gráfico do som da deglutição desde o início do primeiro clique (correspondente ao início da deglutição) até imediatamente após o término do “*burst*” respiratório (correspondente ao som da expiração). De acordo com MacKaig (1999), durante a deglutição de sujeitos sem alterações na função, é possível se escutar dois cliques, o primário e o secundário (o segundo de maior intensidade), seguido do sopro expiratório. A opção por essa metodologia de estudo foi para que as análises do som da deglutição fossem o mais aproximado da avaliação clínica nos casos de disfagia orofaríngea. Portanto, foram consideradas tanto deglutições únicas como múltiplas para um mesmo volume.

Por se tratar de um som fisiológico complexo e com variações, a presente pesquisa considerou a média das três deglutições da saliva e dos volumes testados do alimento pastoso realizadas por cada indivíduo, tanto do GC como do GP. O mesmo pode ser observado na metodologia de outros autores (Youmans e Stierwalt, 2005, Borr et al., 2007; Silva, 2010; Hammoudi, 2014).

Outros pesquisadores, porém, optaram por identificar o melhor registro do sinal gráfico para análise (Cichero e Murdoch, 2002).

A amostra referente ao GC, apesar de não pareada, foi composta de forma a assemelhar-se ao GP, tendo como participantes homens e mulheres, além de faixa etária equivalente, com média de idade de 62,1 anos. A média de duração do som da deglutição foi de 2094,380ms para os homens e de 3215,286 ms para as mulheres, ou seja, um pouco mais de um segundo a mais no sexo feminino. Quanto às frequências, as médias variaram entre 1284,994Hz a 14690,570Hz para os homens e 1665,660Hz a 15513,434Hz para as mulheres, também um pouco maior no sexo feminino. Já a intensidade, manteve-se entre 83dB a 84dB para ambos os sexos. No entanto, apenas o parâmetro de duração apresentou significância estatística, quando comparada a duração com as consistências e volumes estudados. A medida que o volume aumentou, a duração também aumentou no GC, exceto nas comparações com 3ml (tabela 4). Acredita-se que não houve significância por ser uma quantidade intermediária entre os demais volumes.

Cichero e Murdoch (2002) compararam três grupos etários e concluíram que os mais idosos apresentam a duração do som da deglutição maior que os demais e que as frequências foram maior nos homens para 5ml (2635Hz) e a intensidade não houve diferença entre os sexos (43dB). Neste estudo eles não consideraram ruídos respiratórios.

Um outro estudo, também com indivíduos sem alteração na deglutição, identificaram que a duração do som da deglutição é maior quanto maior for a faixa etária (800ms aproximadamente), bem como o pico de frequência e intensidade. Justificam esses achados pelas mudanças fisiológicas do sistema neuromuscular que ocorrem com o envelhecimento, bem como o baixo posicionamento da laringe, podendo provocar, tanto o aumento da duração da fase faríngea da deglutição como maior pressão para a realização da função (Youmans e Stierwalt, 2011).

No presente estudo, optou-se por fazer uma identificação mais detalhada da frequência do som da deglutição, ou seja, as cinco maiores frequências (F1, F2, F3, F4 e F5) e suas respectivas intensidades (I1, I2, I3, I4 e I5) com o objetivo

de explorar mais esse som tão complexo. Foi possível identificar que a intensidade não variou entre as frequências e que mesmo com mudança de consistência (saliva e pastoso) e a progressão dos volumes, as frequências sofreram pequenas variações quando comparadas com as correspondentes (ex.: F2 de 1ml com F2 de 3ml) (Tabela 3).

Além disso, foi possível identificar significância estatística com o estadiamento da doença e o grau da disfagia com as frequências e intensidades estudadas que serão discutidas mais adiante. Não foi encontrado na literatura estudo que tenha utilizado esta metodologia. É possível que as diferenças dos valores, das frequências, intensidade e duração do som da deglutição entre o presente estudo e os demais deva-se pelas diferentes metodologias adotadas. Esse ponto deve levar os pesquisadores dessa linha de pesquisa a refletirem. Para que se chegue a identificação dos parâmetros dos som da deglutição é necessário buscar padronizar o método dos estudos, bem como o instrumento.

O GP foi composto por ambos os sexos, na sua maioria homens, com média de idade de 61,96 anos. Estes dados corroboram com a literatura que apontam para a incidência da DP ter predomínio em homens (Van Den Eeden et al., 2006). Quanto à idade um estudo de Lau e Breteler (2006), identificaram que de 1 a 6% das pessoas com DP estão acima de sessenta anos e 0,3%, da população em geral.

A maioria do GP apresentou-se no estágio 2 do estadiamento da doença, de acordo com a escala Hoen&Yahr, seguido do estágio 3 e 1, respectivamente. É esperado que até o estágio 3 da DP o paciente ainda possua possibilidade de locomoção, apesar das dificuldades motoras mais evidentes. Foram incluídos neste estudo os indivíduos com estágio do 1 ao 3, tanto pela maior probabilidade de comparecer aos ambulatórios para as consultas onde foram coletados os dados, como pela relação com o surgimento dos sintomas disfágicos. De acordo com Suttrup e Warnecke (2016), a disfagia pode ocorrer em qualquer fase da doença, porém tem maior prevalência nos estágios 4 e 5 da DP. Assim, foi possível identificar na presente pesquisa, indivíduos que já apresentavam algum sinal disfágico desde o início da DP e não colocar em risco àqueles em estágios mais avançados da doença durante a avaliação.

Quanto aos parâmetros do som da deglutição no GP, observou-se que a média da duração foi de 3983,663ms para os homens e 3593,400ms para as mulheres; a média de frequência variou de 1840,576Hz a 14952,579Hz (F1 a F5) e 1602,340Hz a 15156,508Hz (F1 a F5) e a média de intensidade de 83dB a 84dB (I1 a I5) para os sexos masculinos e feminino, respectivamente. Nota-se que a diferença da duração é de milésimos de segundos a mais nos homens e, tanto as frequências como as respectivas intensidades sofreram poucas variações entre os sexos.

Quando comparados as consistências e volumes, o som da deglutição não apresentou diferenças estatísticas entre as frequências e intensidades (tabela 7), mas houve significância no parâmetro duração para todas as consistências e volumes testados (tabela 8), indicando que com o aumento do volume ocorre o aumento da duração do som da deglutição.

Na literatura, o único estudo encontrado com uma amostra mais significativa (34 indivíduos) relacionado à acústica do som da deglutição na DP, não teve o mesmo objetivo que o presente trabalho. Os autores propuseram um método automático para a detecção de deglutições de saliva de forma espontânea a partir do sinal de som gravado através da laringofaringe e concluíram que é uma forma válida para verificar a frequência de deglutições automáticas (Golabbakhsh et al., 2014). Portanto, não é possível comparar com resultados aqui encontrados e evidencia a originalidade do presente estudo.

Assim, a literatura aponta dados de outras pesquisas com indivíduos disfágicos, mas não exclusivamente com DP. Um estudo de Santamato et al. (2009) identificou que dentre 15 pacientes com disfagia, 02 tinham como doença de base a DP, mostram que a duração do som da deglutição de 10ml de líquido (1402.2ms) nos disfágicos foi maior que nos não disfágicos (440ms).

Lazareck e Moussavi (2004) identificaram que o pico de frequência é menor nas deglutições alteradas para líquido fino e espessado. A média da frequência não apresenta significância estatística quando comparadas às diferentes texturas entre semissólido, líquido fino e engrossado.

Outro estudo com disfágicos, porém, mais jovens, mostra que a frequência do som da deglutição tem variações e dependem do seguimento

estudado. Variou de 700Hz-1400Hz para o segmento IDS (abertura do esfíncter cricofaríngeo) e de 600Hz-1200Hz para o segmento BTS (passagem do bolo para o esôfago) (Yadollah e Moussavi, 2007).

Quando foram realizadas as correlações do GP na presente pesquisa, observou-se que não houve significância entre o parâmetro de duração e a idade. Contudo, é possível que em uma amostra maior, haja relação, uma vez que o coeficiente de Pearson apontou correlação entre o estadiamento da doença e a duração do som da deglutição. Esse dado também está relacionado com a correlação significativa que foi apresentada entre a duração e o grau da disfagia. No caso do estadiamento da DP, observamos que esta relação ocorreu pela maioria da população estudada se encontrar na escala 2 da classificação (41,93%). Já para o grau da disfagia, a escala FOIS enumera a gravidade da deglutição na ordem decrescente, o que leva à compreender que quanto maior a duração do som da deglutição, maior o grau da disfagia.

A literatura aponta que há relação entre o estadiamento da doença e o grau da disfagia, (Argolo et al, 2015; Suttrup e Warnecke, 2016), bem como que a duração do som da deglutição é maior em indivíduos disfágicos (Lazareck e Moussavi, 2004; Borr et al., 2007; Yadollah e Moussavi, 2007; Santamato et al., 2009).

No momento em que foram feitas as correlações entre as frequência e intensidades com a idade, não foi encontrada significância estatística. Contudo, um dado que chamou a atenção foi a significância destes parâmetros com o estadiamento da doença e o grau da disfagia. Inicialmente, destaca-se que foi um achado interessante, uma vez que na literatura pesquisada não foi encontrado nenhum estudo que demonstrasse interesse nessas correlações e ambas apresentaram significância estatística.

Com isso, percebe-se que não somente o parâmetro de duração, amplamente estudado pelos pesquisadores, mas as frequências e suas respectivas intensidades, relacionadas às variáveis, podem se tornar marcadores importantes no estudo desse som tão complexo, além de favorecer à aplicabilidade clínica para diagnóstico e gerenciamento das disfagias orofaríngeas futuramente. É possível pensar que essa relação possa estar

associada com as diversas alterações esperadas na deglutição do paciente com DP, como relatam Carneiro *et al.* (2013) em uma revisão sistemática: tremor de língua, enfraquecimento do fluxo e aumento do trânsito do bolo alimentar, atraso no disparo do reflexo da deglutição, elevação fraca do palato, enfraquecimento da motilidade da epiglote, regurgitação, penetração laríngea e/ou aspiração traqueal.

Já a correlação da duração com os parâmetros de frequência e intensidade, apresentaram apenas uma correlação em I1, demonstrando que não há tantos indícios de associações relevantes (tabela 11).

Quando comparados os achados entre o GC e GP, foi percebido que não houve relação entre os sexos, apesar das diferenças anatômicas entre homens e mulheres. Apenas em I1 houve um valor aproximado à significância, mas sem evidência estatística. Talvez com uma amostra maior fosse possível evidenciar diferença entre as intensidades, como no estudo de Silva (2010) que estudou mais de três mil deglutições de adultos jovens sem queixa e identificou que a intensidade do som da deglutição nos homens foi maior que nas mulheres.

No que diz respeito ao modo de deglutição, o GP realizou mais deglutições múltiplas quando comparado ao GC. Esse dado corrobora com o estudo de Argolo *et al.* (2015). Isso mostra que os indivíduos com DP apresentam menor eficiência na ejeção do bolo durante a transição da fase oral para a faríngea da deglutição.

Por fim, foi possível identificar que não houve significância com as frequências e intensidades entre os grupos, mas sim com a duração, ou seja, a deglutição do GP é mais lenta que no GC. Esse achado também é esperado, uma vez que já foi discutido acima, quando há estudos que apontam que a duração de indivíduos disfágicos é maior quando comparados a não disfágicos (Lazareck e Moussavi, 2004; Borr *et al.*, 2007; Yadollah e Moussavi, 2007; Santamato *et al.*, 2009).

8. CONCLUSÕES

Os parâmetros acústicos do som da deglutição encontrados nos indivíduos com DP foram: a média de frequência dos cinco maiores picos variou entre 2504Hz a 15970Hz; a média de intensidade dos cinco maiores picos variou entre 83dB e 84dB; a média da duração variou de 1561ms a 6641ms.

Quanto ao parâmetro de duração: com aumento do volume do alimento ocorreu o aumento da duração do som da deglutição nos indivíduos com DP; aumentou tanto com as progressões dos volumes, quanto o estadiamento da doença e como o grau da disfagia; apresentou-se maior que nos indivíduos sem a doença.

O método utilizado no estudo evidenciou correlação positiva entre o aumento do grau da disfagia com a progressão da doença.

Houve uma relação entre frequências e intensidades do som da deglutição com o estadiamento da doença e o grau da disfagia.

Por meio da análise acústica do som da deglutição e *biofeedback*, utilizando-se o método empregado nesta pesquisa, será possível realizar a avaliação clínica, bem como monitorar a função de deglutição de forma mais precisa, além de obter registros da evolução do quadro do indivíduo com disfagia orofaríngea.

Referências

Argolo N, Sampaio M, Pinho P, Melo A, Nóbrega AC. Videofluoroscopic predictors of penetration-aspiration in Parkinson's disease patients. *Dysphagia*. 2015;30(6):751-8.

Bolzan G et al. Contribuição da ausculta cervical para a avaliação clínica das disfagias orofaríngeas. *CEFAC*. 2013;15(2):455-465.

Borr, C. et al. Reliability and validity of cervical auscultation. *Dysphagia*. 2007;22: 225-234.

Cardoso MCAF, Fontoura EG. Value of the Cervical Auscultation in Patients Affected by Neurogenic Dysphagia. *Int. Arch. Otorhinolaryngol*. 2009;13(4):431-439.

Carneiro, D. et al. Qualidade de vida em disfagia na doença de Parkinson: uma revisão sistemática. *Rev. CEFAC*, 2013, ISSN 1516-1846

Carvalho, G. D. O Sistema estomatognático e suas funções. S. O S. respirador bucal. *Lovise*, 2003; 27-64

Crary, M. A. Initial Psychometric Assessment of a Functional Oral Intake Scale for Dysphagia in Stroke Patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86.

Cichero, J. A. Y.; Murdoch B. E. The physiologic cause of swallowing sounds: answers from heart sounds and vocal tract acoustics. *Dysphagia*. 1998;13:39-52.

Cichero, J. A. Y.; Murdoch, B. E. Acoustic signature of the normal swallow: characterization by age, gender and bolus volume. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2002;111:623-632.

Cola, P.C. et al. Reabilitação em disfagia orofaríngea neurogênica: sabor azedo e temperatura fria. *Rev CEFAC*. 2008;2:200-205.

De Lau LM, Breteler MM. Epidemiology of Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2006;5(6):525-35.

Douglas, C. R. Fisiologia geral do sistema estomatognático. *Patofisiologia Oral, Pancast*, 1998;197-224.

Ferreira, F. V. *et al.* A relação da postura corporal com a prosódia na doença de Parkinson: estudo de caso. *CEFAC*. 2007;9(3):319-329.

Ferrucci JL, Mangilli LD, Sassi FC, Limongi SC, Andrade CR. Sons da deglutição na prática fonoaudiológica: análise crítica da literatura. *Einstein*. 2013;11(4):535-9.

Furkim, A.M., Sacco, F.B.A. Eficácia da fonoterapia em disfagia neurogênica usando a escala funcional de ingestão por via oral (FOIS) como marcador. *CEFAC*. 2008;10(4):503-512.

Golabbakhsh M. et al. Automated acoustic analysis in detection of spontaneous swallows in parkinson's disease. *Dysphagia*. 2014;29:572-577.

Hammoudi K, Boiron M, Hernandez N, Bobillier C, Moriniere S. Acoustic study of pharyngeal swallowing as a function of the volume and consistency of the bolus. *Dysphagia*. 2014;29(4):468-74.

Lagarde et al. The reliability and validity of cervical auscultation in the diagnosis of dysphagia: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*. 2016;30(2):199-207.

Lazareck, L. J.; Moussavi Z, M. K. Classification of normal and dysphagic swallows by acoustical means. *Transactions on Biomedical Engineering*. 2004;51(12):2103-2112.

Leslie. P et al. Reliability and validity of cervical auscultation: a controlled comparison using videofluoroscopy. *Dysphagia*. 2004;19:231-240.

Mckaig, T. N. Auscultation – cervical e torácica. In: Furkim A. M., Santini C. S.: *Disfagias Orofaríngeas*. Pró-Fono, 1999; 171-188.

Morinière, S.; Beutter, P.; Boiron, M. Sound component duration of healthy human pharyngoesophageal swallowing: A gender comparison study. *Dysphagia*. 2006; 25:175-182.

Mourão, L. F. Disfagias orofaríngeas em doenças degenerativas. Tratado de Fonoaudiologia. Roca, 2004; 343-353.

Oxford Centre for Evidence-based Medicine (CEBM). Centre for Evidence Based Medicine. Levels of Evidence; 2009.

Santamato A *et al.* Acoustic analysis of swallowing sounds: a new technique for assessing dysphagia. J Rehabil Med 2009; 41:639-645.

Santos R e Macedo Filho E. Sonar Doppler como Instrumento de Avaliação da Deglutição. Arq. Int. Otorrinolaringol. 2006; 10(3):182-191.

Sarraf Shirazi S., Moussavi Z. Investigating the Statistical Properties of the Swallowing Sounds. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2011.

Silva, E. H. A. A. Parâmetros acústicos do som da deglutição normal [dissertação]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2010.

Suttrup I, Warnecke T. Dysphagia in Parkinson's disease. Dysphagia. 2016;31(1):24-32.

Takahashi, K.; Groher, M. E.; Michi, K. I. Methodology for detecting swallowing sounds. Dysphagia. 1994;9:54-59.

Takizawa C., Gemmell E., Kenworthy J., Speyer R. A Systematic review of the prevalence of oropharyngeal dysphagia in stroke, Parkinson's disease,

Alzheimer's disease, head injury, and pneumonia. *Dysphagia*. 2016;31(3):434-41.

Van Den Eeden SK, Tanner CM, Bernstein AL, Fross RD, Leimpeter A, Bloch DA, et al. Incidence of Parkinson's disease: variation by age, gender, and race/ethnicity. *Am J epidemiol*. 2003;157(11):1015-22.

Yadollah A., Moussavi Z. Feature selection for swallowing sounds classification proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2007.

Youmans, S. R.; Stierwalt, J. A. G. An acoustic profile of normal swallowing. *Dysphagia*. 2005;20:195-209.

Youmans Sr, Stierwalt JA. Normal swallowing acoustics across age, gender, bolus viscosity, and bolus volume. *Dysphagia*. 2011;26(4):374-84.

Zenner et al. Using Cervical Auscultation in the Clinical Dysphagia Examination in Long-Term Care. *Dysphagia*. 1995;10:27-31.

APÊNDICES

- 1 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)
- 2 Questionário para preenchimento dos critérios de Inclusão/exclusão
- 3 Artigo Completo

Apêndice 1**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - CCS
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa PARÂMETROS ACÚSTICOS DO SOM DA DEGLUTIÇÃO EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Erika Henriques de Araújo Alves da Silva, residente à rua Dr. José Sampaio Luz, 888/202 - Ponta Verde - Maceió - AL - cep.: 57035-260, telefone: (82) 996520771, e-mail: erika_henriques@yahoo.com.br. Esta pesquisa está sob a orientação de: Dra. Maria Lúcia Gurgel, telefone: (81) 991331124, e-mail: malu.gurgel@terra.com.br e co-orientação do Dr. Pedro de Lemos Menezes, telefone: (82) 991112786, e-mail: pedrodelemosmenezes@gmail.com.

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensível, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem qualquer penalidade.

A presente pesquisa, tem como objetivo analisar os parâmetros acústicos do som da deglutição em indivíduos disfágicos com diagnóstico da doença de Parkinson (DP) e comparar com a deglutição de indivíduos sem disfagia.

Para realização da pesquisa serão adotados os seguintes procedimentos:
a) gravação dos sons fisiológicos produzidos pelo voluntário, a partir da deglutição da saliva e de alimento pastoso (iogurte); b) análise posterior dos sons gravados em programa específico de análise acústica em micro computador.

Riscos e Benefícios:

Os riscos apresentados durante a realização da coleta estão relacionados ao momento da oferta do alimento pastoso, podendo o indivíduo apresentar tosse e/ou engasgos durante, antes ou após a deglutição com possibilidade de penetração ou aspiração laringotraqueal. Estes riscos serão minimizados com a realização de manobras específicas para limpeza dos

recessos faríngeos até o total *clearance* dessas estruturas e a coleta será suspensa imediatamente.

A deglutição da saliva é inerente à fisiologia natural do ser humano, portanto, não apresenta riscos provenientes da coleta e sim do processo inerente à deglutição fisiológica. Contudo, caso haja sinais de penetração ou aspiração laringotraqueal, a pesquisadora irá realizar as mesmas manobras citadas para alimento pastoso.

A pesquisadora possui larga experiência no tratamento e manejo de pacientes disfágicos, ajudando a minimizar os riscos descritos acima. Além disso, a coleta será realizada em uma Unidade Hospitalar. Caso as manobras de limpeza não sejam suficientes para limpeza dos recessos faríngeos ou ocorra aspiração laringotraqueal, o indivíduo será conduzido para o serviço de emergência da referida Unidade.

Quanto aos benefícios, a presente pesquisa irá proporcionar ao indivíduo e/ou cuidador, maiores esclarecimentos quanto à disfagia, bem como será orientado sobre o posicionamento, oferta do alimento, consistência, volume e manobras facilitadoras e de limpeza de recessos faríngeos durante a alimentação para eliminar ou minimizar os sinais sugestivos de penetração ou aspiração laringotraqueal.

Além dos benefícios relacionados ao indivíduo, a presente pesquisa trará grandes contribuições científicas, pois as pesquisas relacionadas aos sons da deglutição em indivíduos disfágicos ainda são poucas, mesmo em âmbito internacional. As pesquisas ainda não conseguem estabelecer um padrão do comportamento do som da deglutição em indivíduos disfágicos.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (gravação do som da deglutição), ficarão armazenados em computador pessoal,

sob a responsabilidade da pesquisadora Erika Henriques de Araújo Alves da Silva, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO
VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____,
CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo PARÂMETROS ACÚSTICOS DO SOM DA DEGLUTIÇÃO EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento).

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Assinatura: _____

Apêndice 2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE – CCS
DOUTORADO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO COMPORTAMENTO**

PESQUISA: PARÂMETROS ACÚSTICOS DO SOM DA DEGLUTIÇÃO EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Fga. Erika Henriques de Araújo Alves da Silva

PARTICIPANTE NÚMERO: _____

1 – DADOS PESSOAIS:

NOME _____

IDADE: _____

SEXO: MASC () FEM ()

2 – CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO:

() Disfagia mecânica

() Disfagia neurogênica progressiva

() Outras doenças neurológicas: _____

() Traumas / cirurgias de cabeça e pescoço: _____

() Alteração anatômica na cavidade oral: _____

() Alteração de pele na região cervical

3 - ESTADIAMENTO DA DOENÇA - ESCALA Hoehn & Hard: _____

4 – GRAU DA DISFAGIA - ESCALA FOIS (Carry et al, 2005)

- () Nível 1: Nada por via oral;
- () Nível 2: Dependente de via oral alternativa e mínima via oral de alimento ou líquido;
- () Nível 3: Dependente de via oral alternativa com consistente via oral de alimento ou líquido;
- () Nível 4: Via oral total de uma única consistência;
- () Nível 5: Via oral total com múltiplas consistências, porém com necessidade de preparo especial ou compensações;
- () Nível 6: Via oral total com múltiplas consistências, porém sem necessidade de preparo especial ou compensações, porém com restrições alimentares;
- () Nível 7: Via oral total sem restrições.

Apêndice 3

Artigo Completo

Este artigo foi submetido ao Periódico PLOS ONE.

Acoustic parameters of swallowing sounds in individuals with Parkinson's disease

Erika Henriques de Araújo Alves da Silva^{1*}, Pedro de Lemos Menezes¹, Raniere Dener Cardoso Melo¹, Nadja Asano², Paulo César do Nascimento Cunha³, Maria Lúcia Gurgel da Costa².

¹State Health Sciences University of Alagoas, Maceió, Alagoas state, Brazil

²Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco state, Brazil

³Federal Institute of Alagoas, Arapiraca, Alagoas state, Brazil

*Corresponding author

E-mail: erika_henriques@yahoo.com.br

Abstract

Dysphagia has many causes, such as muscular or sensitivity changes in the swallowing process, due to neuromuscular disorders, including Parkinson's disease. It is believed that the sounds produced during swallowing in non-dysphagic individuals are different from those who exhibit the disorder. Objective: analyze the acoustic parameters of swallowing sounds in individuals diagnosed with Parkinson's disease. Method: swallowing sounds of patients with Parkinson's and a control group were recorded with a contact microphone to assess the five highest frequencies (Hz) and the respective intensities (dB) and duration (ms) of the sounds of swallowing saliva, and 1ml, 3ml, 5ml and 10ml of soft food and compare them with age, sex, disease staging and degree of dysphagia. Analysis was conducted using Adobe Audition 1.5 software. Results: There were no significant differences between age and sex; average duration was 3983.663ms for men 3593.400ms for women; frequency ranged from 1840.576Hz to 14952.79Hz in men and 1602.340Hz to 15159.508Hz in women; intensity was 83dB to 84dB for both sexes in all the volumes and consistencies tested; duration increased with volume, disease staging and degree of dysphagia; there was a relationship between frequency and intensity and both disease staging and degree of dysphagia; the number of multiple swallows was higher in the Parkinson group, as well as swallowing sound duration.

Key-Words: Acoustic. Deglutition. Parkinson's Disease.

Introduction

Dysphagia, a disorder in swallowing function, may affect the three phases of swallowing, causing penetration or aspiration of the content swallowed (saliva or food) into the lower airways. This dysfunction may lead to nutritional alterations, dehydration, bronchopneumonia and even death¹.

There are numerous causes of dysphagia, but it is often associated with muscular and sensitivity changes in the swallowing process resulting from neuromuscular disorders, including Parkinson's disease (PD)².

Parkinson's disease is a progressive idiopathic neurological disease that affects men and women equally, generally after the age of fifty³. Some authors⁴ underscore that, among other symptoms, it may cause dysphagia in 30 to 100% of patients at any phase of the disease. Recent studies are more accurate. A systematic review⁵ shows that the prevalence of dysphagia in PD is 81%, corroborating another study⁶ that reported dysphagia in more than 80% of cases. Patients at more advanced stages of the disease (four or five on the Hoehn & Yahr scale) show greater complications in swallowing function⁶.

Other researchers⁷ indicate that some sounds that occur during swallowing that may contribute to detecting abnormalities in this function, which may lead to compromised pulmonary health, such as oropharyngeal dysphagias. It is believed that the swallowing sounds produced by non-dysphagic individuals are different from those with dysphagia⁸.

The use of cervical auscultation has become an important tool that is widely used to diagnose and treat swallowing disorders, primarily due to the non-invasive nature of this technique. Moreover, it is relatively inexpensive and accessible. This fact prompted international studies⁹⁻¹¹, whose aim was to characterize swallowing sounds, comparing them with the normal pattern, and investigate any alterations, such as dysphagia.

A number of variables can interfere in the characterization of these sounds, such as food volume and consistency, swallowing duration, age and sex^{10,11}.

Several different instruments are used to capture swallowing sounds, including accelerometers¹¹, Doppler sonar¹², and electret microphones^{10,13}.

The purpose of the present study was to analyze the acoustic parameters of swallowing sounds in individuals diagnosed with Parkinson's disease (PD).

Methodology

Study design

This is an observational descriptive cross-sectional study conducted in the Pro-Parkinson program and developed at the Hospital das Clínicas of the Federal University of Pernambuco (UFPE) and the Neurology Service of the Pestalozzi Society of Maceió, for the experimental group, and at a place that was convenient for the individual, previously scheduled by the researcher for the control group.

Sample

Experimental group

The sample consisted of 31 individuals diagnosed with PD, participants of the Pro-Parkinson program and treated at the Neurology Service of the Pestalozzi Association of Maceió, Farol unit, with a disease staging score of one to three on the Hoehn & Yahr scale. The following exclusion criteria were adopted: individuals with exclusive diet by an alternate feeding route; history of mechanical or neurogenical dysphagia before PD; other associated neurological disorders; trauma and/or surgery in the head or neck region; anatomical abnormality of the oral cavity and altered skin in the cervical region; participants precluded from terminating the data collection procedure due to choking with risk of laryngotracheal penetration, aspiration during soft food ingestion or saliva swallowing with no response to possible lower airway clearing maneuvers performed by the researcher.

Control group

A total of 30 individuals with normal swallowing and no history of disease with risk of dysphagia were selected. Exclusion criteria were individuals with prior history of mechanical or neurogenic dysphagia; neurological disorders; trauma and/or surgery in the head or neck region; anatomical abnormalities of the oral cavity and altered skin in the cervical region.

Data collection

The present study was approved by the UFPE Research Ethics Committee and a questionnaire was applied regarding inclusion/exclusion criteria, degree of dysphagia according to the FOIS¹⁴ scale and PD staging classification, established by the physician assistant at the data collection appointment.

Study participants remained seated while the skin was cleaned with alcohol and cotton in the cervical region where the contact microphone was placed. The device was built based on the functioning of an electret microphone obtained from an E&M Acoustic Converter Physiograph, duly calibrated before data collection. The microphone is circular-shaped (3.5 cm wide and 1cm high) and equipped with a special plug to connect it to a microcomputer. This instrument does not capture external noise, only physiological sounds. As such, the environment where recordings were made does not require acoustic treatment, only a low noise level. The piezoelectric transducer pad of the microphone was placed in the lateral region of the trachea, just below the right cricoid cartilage¹⁰, and the researcher or caregiver held it with light pressure to capture the sound without changing the position of the larynx. The subject was asked not to make other noises such as speaking.

Fig 1. Microphone

Fig 2. Microphone position

Next, the individuals were asked to swallow saliva 3 times and then swallow the soft food (unsweetened natural yogurt) three times in the following amounts and order: 1ml, 3ml, 5ml and 10ml. The yogurt was served with a plastic spoon and the respective volumes measured in a graduated disposable syringe. If at any time during collection the subject exhibited signs of laryngotracheal penetration and/or aspiration, the researcher cleaned the pharyngeal recesses until total clearance and collection was immediately suspended.

Sounds were recorded on a portable computer and analyzed using Adobe Audition acoustic analysis software, version 1.5.

With respect to data analysis, we assessed the mean values of the five highest frequencies (F1 to F5) (Hz) and the respective intensities (I1 to I5) (dB) and duration (ms), of the three swallowings performed by each individual for each consistency and volume.

When the individual performed multiple swallowings for the volume ingested, all swallows were considered.

Peak frequencies and intensities were obtained by converting the graph signal using Fourier transform and acoustic analysis software. Frequency decomposition is performed with a difference of 0.67 Hertz between the points, since it is the most sensitive level used by the software to study this parameter.

Sound duration was obtained by visual and auditory inspection, carried out simultaneously during graph signal processing, by marking the start of the first click corresponding to the start of swallowing until immediately after the end of the respiratory burst (corresponding to the expiration sound).

Statistical analysis

Statistical analysis was conducted considering a 95% confidence interval, 5% α (type I error) and 10% β (type II error). Descriptive analysis consisted of a numerical summary of quantitative data using measures of location (mean and standard deviation). Analytical statistics was applied to correlate the acoustic parameters of swallowing sounds (frequency, intensity and duration) with food volume and consistency, age, sex, degree of dysphagia and disease staging.

The following tests were used to compare numerical variables: Adherence tests (Shapiro-Wilk and Kolmogorov-Smirnov); Mann-Whitney U – for non-normal sample; ANOVA; Post Hoc; and Pearsons's correlation coefficient.

Statistical, descriptive and analytical analyses were conducted using Excel 2010 and SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 21.0.

Results

The sample was statistically calculated using the mean finite population. It consisted of two non-paired groups: control group (CG), whose participants were individuals without Parkinson's disease and the experimental group (EG), corresponding to patients diagnosed with Parkinson's disease. The results are presented initially with CG data, followed by the EG and subsequent intergroup analyses.

Control Group

Thirty CG subjects participated in the study, ten men (33.33%) and twenty women (66.67%).

The age of the CG ranged from 47 to 82 years, with a mean of 60.9 and standard deviation of 9.324. The mean age for men was 58.5 years with a standard deviation of 9.392 and for women it was 62.1 years with standard deviation of 9.1.

Table 1 shows the mean duration values (ms) of the five highest frequencies (F1, F2, F3, F4 and F5) (Hz) and their respective intensities (I1, I2, I3, I4, I5) (dB), considering all the consistencies and volumes tested for sex in the CG.

Duration was slightly higher in women (a little more than 1000 ms), as well as the frequencies under study, but with very similar values compared to men. They ranged from 1284.994Hz to 14690.570Hz for men and 1665.660Hz to 15513.434Hz for women. The intensities remained unchanged, at between 83dB and 84 dB in both sexes in the CG.

Table 1. Mean duration (ms) and F1 to F5 frequency (Hz) values and their respective intensities (dB) of I1 to I5, considering all the consistencies and volumes tested by sex in the CG.

Duration (ms)	Men	Women
Frequency (Hz)		
Intensity (dB)		
Duration	2094.380	3215.286
SD	1595.835	2845.323
F1	1284.994	1665.660
SD	1666.533	2005.582
I1	84.222	83.690
SD	1.200	1.408
F2	3323.583	3914.513
SD	2670.388	2796.108
I2	83.897	83.572
SD	1.403	1.623
F3	6678.118	6874.683
SD	4804.081	3631.021
I3	83.318	83.723
SD	1.109	1.787
F4	10053.045	10481.919
SD	4627.623	4406.563
I4	83.663	83.667
SD	1.633	1.594
F5	14690.570	15513.434
SD	4522.674	3687.428
I5	83.531	83.679
SD	1.359	1.602

Table 2 demonstrates the mean duration of saliva and soft food swallowing sounds with 1ml, 3ml, 5ml and 10ml. Swallowing sound duration increased as the volume of the food content swallowed rose.

Table 2. Mean values and their respective standard deviations (ms) of swallowing sounds by consistencies and volumes in the control group.

Consistency/ volume	Duration (ms)	
	Mean	SD
Saliva	1420.722	515.441
Soft food 1ml	2185.322	1932.648
Soft food 3ml	2777.277	2445.096
Soft food 5ml	3452.155	3061.189
Soft food 10ml	4372.777	2947.082

Next, the mean frequency values (Hz) and the respective intensities (dB) of saliva and soft food swallowing sounds of 1ml, 3ml, 5ml and 10ml.

There was a wide variation in the frequency parameter, even with a controlled volume, but the intensity varied by only 1 decibel (83dB to 84 dB) for all consistencies and volumes tested.

Table 3. Mean values and standard deviations of frequencies (Hz) and their respective swallowing sound intensities (dB) by consistency and volumes in the control group.

Frequency(Hz)/ Intensity(dB)	Saliva	Soft food 1ml	Soft food 3ml	Soft food 5ml	Soft food 10ml
F1	1360.696	1632.665	1434.200	1337.660	1730.170
SD	2409.359	1528.499	1466.206	1322.116	2496.878
I1	84.121	83.769	84.386	84.068	83.611
SD	1.134	1.106	1.883	1.817	1.516
F2	3598.220	3425.327	4472.064	4089.761	4049.049
SD	3135.875	2361.071	3153.033	2455.431	3417.524
I2	83.782	83.999	83.700	83.467	83.153
SD	1.438	1.684	1.821	1.754	1.035
F3	6638.462	6131.287	8021.320	7364.939	7779.834
SD	4047.781	3264.326	4452.943	4776.411	4611.227
I3	83.613	83.862	83.876	83.340	83.263
SD	1.331	1.942	2.082	1.494	1.139
F4	10771.917	9705.171	11513.915	10914.844	10597.701
SD	4068.686	4315.559	4896.536	4827.288	4913.370
I4	83.490	83.730	83.701	83.618	83.756
SD	1.437	1.661	1.809	1.744	1.582
F5	15406.020	14686.743	15088.495	15913.239	15502.986
SD	3946.554	3881.481	4491.921	3622.256	4661.243
I5	83.702	83.743	83.579	83.209	83.751
SD	1.490	1.547	1.730	1.445	1.607

The ANOVA test was used for intergroup comparison and revealed statistical significance in duration (ms), $p = 0,000^*$, except with a volume of 3ml, which was not significant ($p > 0,005$). However, there was no statistical significance for frequency (Hz) and intensity (dB) ($p > 0,005$). The post hoc test, used for multiple comparisons, identified the volumes and consistencies that were statistically

consistent with the parameters tested (Table 4). The differences became significant as the difference between the volumes tested in the CG increased.

Table 4. Significance of swallowing sound duration (ms) between the volumes and consistencies tested in the control group.

Parameter	Consistency/volume	Consistency/volume	P value
Duration	Saliva	5ml	0,011*
		10ml	0,000*
	1ml	10ml	0,005*
	5ml	Saliva	0,011*
	10ml	Saliva	0,000*
		1ml	0,000*

Experimental Group

The data of 31 EG participants were analyzed; the group consisted of 21 men (67.73%) and 10 women (32.25%).

Age ranged from 33 to 81 years with a mean of 61.96 years. The mean age of men was 65.14 years with a standard deviation of 8.962, while the mean for women was 59.5 years with a standard deviation of 10.966.

In relation to disease staging, 22.59% (n=7) were classified as stage 1, 41.93% (n=13) stage 2, and 35.48% (n=11) stage 3, according to the Hoen & Yahr scale.

With respect to the degree of dysphagia, 25.81% (n=8) were classified as level 7, 29.03% (n=9) level 6 and 45.16% (n=14) level 5, based on the FOIS scale.

Table 5 depicts the mean duration values (ms) of the five highest frequencies (F1, F2, F3, F4 and F5) (Hz) and their respective intensities (I1, I2, I3, I4, I5) (dB), considering all the consistencies and volumes tested by sex in the EG.

Swallowing sound duration is slightly longer in men than women: 3983.663 (ms) vs 3593.400 (ms), respectively. The mean frequency values varied from 1840.576Hz to 14952.579Hz for men and 1602.340Hz to 15156.508Hz for women. All frequencies were slightly higher in women, except F1. Intensity showed practically no variation, remaining between 83dB and 84dB for both sexes.

Table 5. Mean duration (ms) and F1 to F5 frequency values (Hz) and their respective intensities (dB) between I1 and I5 considering all the consistencies and volumes tested by sex.

Duration (ms)	Men	Women
Frequency (Hz)		
Intensity (dB)		
Duration	3983.663	3593.400
SD	3277.980	3222.289
F1	1840.576	1602.340
SD	2316.830	1036.724
I1	83.882	83.3582
SD	1.381	1.28188
F2	3943.595	4387.780
SD	3054.461	3008.515
I2	83.464	83.317
SD	1.38382	1.191
F3	6463.101	7077.532
SD	3663.680	3939.705
I3	83.536	82.964
SD	1.397	1.135
F4	10021.649	10557.796
SD	4144.422	4920.890

I4	83.611	83.542
SD	1.564	1.450
F5	14952.579	15156.508
SD	3589.071	3613.804
I5	83.988	84.004
SD	1.885	2.003

Table 6 illustrates the mean duration of saliva and soft food swallowing sounds with com 1ml, 3ml, 5ml and 10ml.

As in the CG, duration also increased in Parkinson's patients with a rise in volume.

Table 6. means and standard deviations of swallowing sound duration (ms) by consistencies and volumes in the experimental group.

Consistency/ volume	Duration (ms)	
	Mean	SD
Saliva	1561.766	535.828
Soft food 1ml	2874.462	1920.598
Soft food 3ml	3333.258	2194.506
Soft food 5ml	4713.709	3428.255
Soft food 10ml	6641.791	4204.415

The mean frequency values and their respective saliva and soft food swallowing sounds with 1ml, 3ml, 5ml and 10ml are presented in table 7 below.

As in the CG, there was also a wide variation in frequency, with similar values (1295Hz to 15970Hz). The variation in intensity was 1 decibel (83dB to 84 dB) for all the consistencies and volumes tested.

Table 7. Mean values and standard deviations of the frequencies (Hz) and their respective intensities (dB) of swallowing sounds by consistencies and volumes in the experimental group.

Frequency(Hz)/ Intensity(dB)	Saliva	Soft food 1ml	Soft food 3ml	Soft food 5ml	Soft food 10ml
F1	2504.042	1655.973	1886.782	1514.835	1295.965
SD	2528.100	1876.403	2149.485	1845.995	1329.826
I1	84.097	83.689	83.634	83.753	83.413
SD	1.395	1.507	1.502	1.275	1.129
F2	4593.705	3842.353	4115.664	4286.019	3627.819
SD	3436.293	2584.130	2971.714	3379.762	2854.202
I2	83.578	83.581	83.554	83.122	83.257
SD	1.534	1.296	1.305	1.142	1.329
F3	6965.609	6270.721	6526.601	6980.795	6575.386
SD	4238.912	3117.444	3297.025	3937.057	4227.576
I3	83.113	83.542	83.540	83.303	83.255
SD	1.183	1.450	1.451	1.131	1.478
F4	9483.155	10342.971	10543.194	10250.087	10326.389
SD	4741.738	4389.351	4500.939	3973.499	4582.144
I4	83.545	83.678	83.679	83.801	83.251
SD	1.615	1.538	1.537	1.637	1.321
F5	14588.947	15892.198	15970.321	14607.065	14050.645
SD	3857.076	2971.830	3037.108	3832.411	3913.417
I5	83.739	84.503	84.382	83.862	83.487
SD	1.621	2.279	2.258	1.661	1.555

The ANOVA test was conducted for intergroup comparisons. There was statistical significance for duration (ms), $p = 0,000^*$, but none for frequency (Hz) and intensity (dB) ($p > 0,005$). For multiple comparisons, the post hoc test identified the volumes and consistencies that were statistically significant with the parameters tested.

As shown above, there was statistical significance as the difference between the volumes tested increased. The same occurred with the CG, except with a volume of 3ml, which exhibited a significant difference when compared to 10ml in the EG.

Table 8. Significance of swallowing sound duration (ms) between the volumes and consistencies tested.

Parameter	Consistency/volume	Consistency/volume	P value
Duration	Saliva	5ml	0,000*
		10ml	0,000*
	1ml	10ml	0,000*
		3ml	10ml
	5ml	Saliva	0,000*
		10ml	Saliva
	10ml	1ml	0,000*
		3ml	0,000*

In EG, the correlations between the parameters duration (ms), frequency (Hz) and intensity (dB) and variables age, disease staging (Hoen & Yahr scale) and degree of dysphagia (FOIS scale) are displayed below.

The following tables show the correlations between swallowing sound duration and age, degree of dysphagia and staging in PD (Table 9) and between frequencies (Hz) (F1 to F5) and their respective intensities (dB) (I1 to I5) and the variables (Table 10).

There was no statistical significance between duration and age, but the bivariate correlation test of the degree of linear relationship using Pearson's coefficient indicates a correlation between swallowing sound duration and PD staging and

degree of dysphagia in the EG, albeit moderate and weak, respectively. The minus sign indicates the longer the duration, the lower the index.

Another relevant finding was the correlation between disease staging and degree of dysphagia, which was also statistically significant ($p=.245^*$).

Table 9. Correlations between swallowing sound duration (ms) and age, PD staging and degree of dysphagia.

Parameter	Age P value	PD Staging P value	Degree of dysphagia P value
Duration	0,034	-0,033**	-0,210**

There was no statistical significance between frequencies and their respective intensities. However, there was a significant correlation between PD staging and degree of dysphagia, but at varied frequencies and intensities, as demonstrated in the table below.

Table 10. Correlation between frequencies (F1 to F5) and their respective intensities (I1 to I5) and the variables.

Parameter	Age P value	Staging of PD P value	Degree of dysphagia P value
F1	0,032	0,038**	-0,026
I1	0,148	0,171	0,074**
F2	-0,051	0,055	-0,106**
I2	0,014	0,173**	-0,079
F3	-0,059	0,173**	-0,085**
I3	0,139	0,120**	0,167
F4	0,046	-0,020	-0,123**
I4	0,035	0,147	0,019
F5	-0,013	-0,080	-0,047**
I5	0,050	0,166	-0,101*

Table 11 shows the correlation between the parameters frequency (F1 to F5) and intensity (I1 to I5) and duration, intensity I1 being the only statistically significant intensity.

Table 11. Correlation between the parameters frequency (Hz) (F1 to F5) and intensity (dB) (I1 to I5) and duration (ms).

Parameter	Duration P value
F1	-0,135
I1	-0,230**
F2	-0,029
I2	-0,062
F3	0,006
I3	-0,053
F4	0,044
I4	-0,125
F5	-0,112
I5	-0,062

Comparisons between the Control Group and the Experimental Group

The Mann-Whitney nonparametric test found no intergroup differences between men and women, except a trend toward significance in I1 (=0.020).

With respect to number of swallows, the EG performed more multiple swallows than the CG (Table 12).

Table 12. Single and multiple swallows per group

Group	Single swallow	Multiple swallows
CG	57.3% (n=86)	42.7% (n=64)
EG	36.8% (n=57)	63.2% (n=98)

Intergroup comparison between swallowing sound duration (ms), frequency (Hz) and intensity (dB) is shown in Table 13.

The only parameter that was significantly different was duration ($p=0,000^*$).

Table 13. Intergroup comparison between swallowing sound duration (ms), frequency (Hz) and intensity (dB).

Duration P value	F1/ I1 p-value	F2/ I2 P value	F3/ I3 P value	F4/ I4 P value	F5/ I5 P value
0, 000*	0,210	0,353	0,850	0,782	0,36
	0,108	0,080	0,277	0,392	0,859

Discussion

Researchers have used different instruments to capture swallowing sounds, such as a stethoscope¹⁵⁻¹⁷, accelerometer^{18, 19}, contact microphone^{13, 20}, lapel microphone²¹, adapted commercial microphones^{22, 23} and Doppler sonar¹².

The present study used a contact microphone, also known as an electret microphone, consisting of a piezoelectric transducer pad to capture physiological

sounds such as swallowing, without the need to acoustically treat the environment before the recordings, the only requirement being a low noise level.

The wide diversity of instruments used by the researchers may be one of the reasons acoustic parameters have yet to be established for normal and latered swallowing sounds.

For this study, the recording of the graph signal of swallowing sounds was considered from the first click (at the onset of swallowing) to just before the end of the respiratory burst (expiration sound). During swallowing in subjects with normal function, two clicks can be heard, the primary and secondary (the latter more intense), followed by the expiratory sound²⁴. This methodology was selected to ensure that swallowing sound analyses were as close as possible to clinical assessment in cases of oropharyngeal dysphagia. As such, both single and multiple swallows were considered for a same volume.

Since the sound was physiologically complex and varied, the present study considered the average of the three saliva swallows and different soft food volumes for each individual, for the CG and EG. This can also be observed in the methodology of other authors^{11,13,17,20}; however other researchers identified the best graph signal recording for analysis¹⁰.

Despite being non-paired, the CG was composed to resemble the EG, with participants consisting of men and women from a similar age group (mean age = 62.1 years). The mean swallowing sound duration was 2094.380ms for men and 3215.286 ms for women, that is, a little more than one second longer for the latter. With respect to frequencies, the means ranged from 1284.994Hz to 14690.570Hz for men and 1665.660Hz to 15513.434Hz for women, also slightly higher for

women. Intensity remained between 83dB and 84dB for both sexes. However, only duration was significant, when compared with the consistencies and volumes studied. Duration increased with volume in the CG, except in comparisons with 3ml (Table 4), likely because it is an intermediate amount.

One study¹⁰ compared three age groups and found that the oldest individuals exhibited the longest swallowing sound, frequencies were highest in men for 5ml (2635Hz) and there was no difference in intensities between the sexes (43dB). Breathing noises were not considered.

Another study of individuals with no swallowing disorders found that swallowing sound duration is longer with advancing age (approximately 800ms), as well as peak frequency and intensity. These findings were explained by physiological changes in the neuromuscular system that occur with aging, in addition to the low larynx position, which may cause an increase in the duration of the pharyngeal phase of swallowing and greater pressure to perform the function²⁵.

In the present study, we presented a more detailed identification of swallowing sound frequency, that is, the five highest frequencies (F1, F2, F3, F4 and F5) and their respective intensities (I1, I2, I3, I4 and I5), in order to explore this complex sound more thoroughly. Intensity did not vary among frequencies and even with a change in consistency (saliva and soft food) and increasing volumes, frequencies exhibited only slight variations (Table 3). Moreover, disease staging and degree of dysphagia were statistically correlated with the frequencies and intensities under study. No study that used this methodology was found in the literature. The different swallowing sound frequencies, intensities and durations between the present study and other investigations may be due to the different

methodologies applied. This discrepancy should lead researchers to reflect on their findings. In order to determine swallowing sound parameters, study methods and instruments must be standardized.

The EG was composed of both sexes, primarily men, with mean age of 61.96 years. These data corroborate the literature, which reports a predominance of men with PD²⁶. In regard to age, one study²⁷ found that between 1 and 6% of patients with PD are older than sixty years of age and that 0.3% of the population is affected.

Most of the EG were in stage 2 of the disease, according to the Hoen & Yahr scale, followed by stage 3 and 1. Patients up to stage 3 of PD are still expected to be able to walk, despite significant motor difficulties. Individuals between stages 1 and 3 were included in this study, because of the greater likelihood of their appearing at the outpatient clinics for data collection and the emergence of dysphagic symptoms. Dysphagia may occur in any phase of the disease, but it is more prevalent in stages 4 and 5 of PD⁶. Individuals in the present study that exhibited signs of dysphagia from the onset of PD were identified in order not to pose any risk to those in more advanced stages of the disease during assessment.

With respect to the swallowing sound parameters in the EG, the mean duration was 3983.663ms for men and 3593.400ms for women; mean frequency ranged from 1840.576Hz to 14952.579Hz and 1602.340Hz to 15156,508Hz and mean intensity from 83dB to 84dB for men and women, respectively. The duration was only thousandths of seconds longer in men and both frequencies and their respective intensities exhibited little variation between sexes.

When consistencies and volumes were compared, swallowing sound showed no statistically significant differences between frequencies and intensities (Table 7), but there were significant differences in duration for all the consistencies and volumes tested (Table 8), indicating that swallowing sound duration rises with an increase in volume.

In the literature, the only study found with a larger sample (34 subjects) related to the acoustics of swallowing sounds in PD did not have the same objective as the present investigation. The authors proposed an automatic method to detect saliva swallowing spontaneously from a sound signal recorded in the laryngopharynx and concluded that it is a valid technique to measure the frequency of automatic swallowing²³. As such, results cannot be compared with those reported here, confirming the originality of the present study.

The literature contains data from other research on dysphagic individuals, but not exclusively with PD. One of these²² found that 2 of the 15 patients with dysphagia had PD, and that the sound duration of swallowing 10ml of liquid (1402.2ms) in dysphagics was longer than in non-dysphagics (440ms).

Researchers¹⁸ found that peak frequency was lower in abnormal swallowing of thin and thickened liquid. The average frequency was not statistically different when semisolids and thin and thickened liquids were compared.

Another study with younger dysphagics shows that swallowing sound frequency exhibits variations that depend on the segment under study. It ranged from 700Hz to 1400Hz for the cricopharyngeal sphincter opening and 600Hz to 1200Hz for the bolus passage through the esophagus¹⁹.

When EG correlations were made in the present study, no statistical significance was found between duration and age. However, with a larger sample, there may be a relationship, given that Pearson's coefficient demonstrated a correlation between disease staging and swallowing sound duration. This is also related to the significant correlation between duration and degree of dysphagia. In the case of PD staging, this relationship occurred because most of the study population was in stage 2 (41.93%). For degree of dysphagia, the FOIS scale classifies swallowing difficulty in decreasing order, which demonstrates that the longer the swallowing sound duration, the greater the degree of dysphagia.

The literature reports that there is a relationship between disease staging and degree of dysphagia^{6,28}, as well as longer swallowing sound duration in dysphagic individuals^{17-19,22}.

No statistically significant correlations were observed between frequencies and intensities and age. However, one finding that stood out was the significant correlation between these parameters and disease staging and degree of dysphagia. It is important to underscore that no study was found that investigated these correlations. As such, not only parameter duration, widely studied by researchers, but frequencies and their respective intensities, related to the variables, may become important future markers in the study of this complex sound, in addition to favoring their clinical applicability for diagnosing and managing oropharyngeal dysphagias.

The correlation between duration and the parameters frequency and intensity showed only one correlation in I1, demonstrating that there are few indications of relevant associations (Table 11).

The findings were compared between the CG and EG, and no relationship was found between the sexes, despite their anatomical differences. Only I1 displayed a value approaching significance, but without statistical evidence. Perhaps with a larger sample a difference between intensities could be demonstrated, as in the study¹³ that investigated more than 3000 swallows in young adults with no disorder and observed greater swallowing sound intensity in men than in women.

With respect to number of swallows, the EG performed more multiple swallows than the CG, corroborating another study²⁸.

Finally, intergroup significance was recorded for duration, but not for frequencies and intensities, that is, swallowing in the EG is slower than in the CG. This finding was also expected, since other studies have reported that the duration of dysphagic individuals is longer when compared to non-dysphagics^{17-19,22}.

References

1. Furkim, A.M., Sacco, F.B.A. Eficácia da fonoterapia em disfagia neurogênica usando a escala funcional de ingestão por via oral (FOIS) como marcador. CEFAC. 2008;10(4):503-12.
2. Cardoso MCAF, Fontoura EG. Value of the Cervical Auscultation in Patients Affected by Neurogenic Dysphagia. Int Arch Otorhinolaryngol. 2009;13(4):431-9.

3. Ferreira FV, Prado ALC, Cielo CA, Busanello AR. A relação da postura corporal com a prosódia na doença de Parkinson: estudo de caso. *CEFAC*. 2007;9(3):319-29.
4. Carneiro D, Belo LR, Coriolano MGWS, Asano AGC, Lins OG. Qualidade de vida em disfagia na doença de Parkinson: uma revisão sistemática. *CEFAC*. 2013;15(5):1347-56.
5. Takizawa C, Gemmell E, Kenworthy J, Speyer R. A systematic review of the prevalence of oropharyngeal dysphagia in stroke, Parkinson's disease, Alzheimer's disease, head injury, and pneumonia. *Dysphagia*. 2016;31(3):434-41.
6. Suttrup I, Warnecke T. Dysphagia in Parkinson's disease. *Dysphagia*. 2016;31(1):24-32.
7. Cichero JA, Murdoch BE. The physiologic cause of swallowing sounds: answers from heart sounds and vocal tract acoustics. *Dysphagia*. 1998;13(1):39-52.
8. Morinière S, Beutter P, Boiron M. Sound component duration of healthy human pharyngoesophageal swallowing: A gender comparison study. *Dysphagia*. 2006; 21(3):175-82.
9. Takahashi K, Groher ME, Michi KI. Methodology for detecting swallowing sounds. *Dysphagia*. 1994;9(1):54-62.
10. Cichero JA, Murdoch BE. Acoustic signature of the normal swallow: characterization by age, gender and bolus volume. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2002;111(7):623-32.
11. Youmans SR, Stierwalt JAG. An acoustic profile of normal swallowing. *Dysphagia*. 2005; 20(3):195-209.

12. Santos R, Macedo Filho E. Sonar Doppler como Instrumento de Avaliação da Deglutição. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2006;10(3):182-91.
13. Silva E. Parâmetros acústicos do som da deglutição normal. Dissertação. Unifesp. 2010.
14. Crary MA, Mann GD, Groher ME. Initial Psychometric Assessment of a Functional Oral Intake Scale for Dysphagia in Stroke Patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(8):1516-20.
15. Zenner PM, Losinski DS, Mills RH. Using Cervical Auscultation in the Clinical Dysphagia Examination in Long-Term Care. *Dysphagia*. 1995;10(1):27-31.
16. Leslie P, Drinnan MJ, Finn P, Ford GA, Wilson J, A. Reliability and validity of cervical auscultation: a controlled comparison using videofluoroscopy. *Dysphagia*. 2004;19(4):231-40.
17. Borr C, Hielscher-Fastabend M, Lucking A. Reliability and validity of cervical auscultation. *Dysphagia*. 2007;22(3):225-34.
18. Lazareck LJ, Moussavi ZMK. Classification of normal and dysphagic swallows by acoustical means. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2004;51(12):2103-12.
19. Yadollahi A, Moussavi Z. Feature selection for swallowing sounds classification. 2007 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2007.
20. Hammoudi K, Boiron M, Hernandez N, Bobillier C, Moriniere S. Acoustic study of pharyngeal swallowing as a function of the volume and consistency of the bolus. *Dysphagia*. 2014;29(4):468-74.

21. Sarraf Shirazi S, Moussavi Z. Investigating the Statistical Properties of the Swallowing Sounds. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2011.
22. Santamato A, Panza F, Solfrizzi V, Russo A, Frisardi V, Megna M, et al. Acoustic analysis of swallowing sounds: a new technique for assessing dysphagia. *J Rehabil Med* 2009; 41:639-645.
23. Golabbakhsh M, Rajali A, Derakhshan M, Sadri S, Taheri M, Adib P. Automated acoustic analysis in detection of spontaneous swallows in parkinson's disease. *Dysphagia*. 2014;29(5):572-7.
24. Mckaig TN. Ausculta - cervical e torácica. In: Furkim AM, Santini CS. *Disfagias Orofaríngeas*. São Paulo: Pró-Fono; 1999. pp.171-188.
25. Youmans Sr, Stierwalt JA. Normal swallowing acoustics across age, gender, bolus viscosity, and bolus volume. *Dysphagia*. 2011;26(4):374-84.
26. Van Den Eeden SK, Tanner CM, Bernstein AL, Fross RD, Leimpeter A, Bloch DA, et al. Incidence of Parkinson's disease: variation by age, gender, and race/ethnicity. *Am J epidemiol*. 2003;157(11):1015-22.
27. De Lau LM, Breteler MM. Epidemiology of Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2006;5(6):525-35.
28. Argolo N, Sampaio M, Pinho P, Melo A, Nóbrega AC. Videofluoroscopic predictors of penetration-aspiration in Parkinson's disease patients. *Dysphagia*. 2015;30(6):751-8.

ANEXOS

1 Desenvolvimento de microfone de contato para aquisição de sinais da deglutição

2 Método de calibração do microfone de contato

Anexo 1

DESENVOLVIMENTO DE MICROFONE DE CONTATO PARA AQUISIÇÃO DE SINAIS DA DEGLUTIÇÃO

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um microfone de contato para aquisição de sinais da deglutição. Tem como elemento principal a pastilha piezo elétrica que contempla as características de captação de sinais acústicos. No processo de construção foi adicionado um material que aderisse à pastilha de eletreto observando as características de vibração de alguns materiais que proporcionasse a diminuição da sensibilidade da captação da pastilha, permitindo assim a configuração da pastilha piezo para esta finalidade. Foram necessários vários testes com materiais diferentes para encontrar o que, após fixação à pastilha piezo, diminuísse a sua excitação. Assim, foi promovida a construção de um microfone que captasse apenas os sinais das superfícies em contato.

Introdução

Os Materiais piezo elétricos estão presentes em equipamentos que são comuns no dia a dia, embora desconhecidos pelo o público em geral, estão presentes nos telefones móveis, através do microfone que é utilizado para se comunicar, na tecnologia médica através dos Ecos para captar a imagem de um feto no útero, em sistemas industriais onde em algumas áreas os sensores piezelétricos são indispensáveis e até mesmo em um sensor de estacionamento para marcha ré, situado na parte de trás do carro.¹

A natureza do material piezelétrico tem a capacidade de converter a energia mecânica em energia elétrica e vice-versa. O efeito piezelétrico é direto quando estes materiais são submetidos ao estresse mecânico, logo gera uma carga elétrica proporcional a esse estresse. O inverso ocorre, quando um campo elétrico é aplicado, o mesmo vibra, provocando um deslocamento proporcional ao campo aplicado.¹

A descoberta do efeito piezo elétrico ocorreu por volta de 1880 através dos irmãos Pierre e Jacques Curie. Já físico alemão Wilhelm Hankel G. atribuiu à este fenômeno o nome de "piezeletricidade" em homenagem ao termo em grego *piezein*, que significa pressionar ou espremer, e *elektron* significado âmbar. Outro físico, Gabriel Lippmann, percebeu o efeito inverso, em materiais piezo elétricos. Esta propriedade foi matematicamente deduzida a partir dos princípios termodinâmicos fundamentais por Lippmann em 1881. A primeira aplicação de peso com materiais piezelétricos ocorreu durante a Primeira Guerra Mundial. Em 1917, P. Langevin e colaboradores começaram a desenvolver um detector de ultra-sons para submarino. O transdutor era composto de cristais de quartzo fino colado entre duas placas de aço. A partir deste evento, estimulou-se o processo de desenvolvimento de novas aplicações, em todos os tipos de dispositivos piezelétricos.^{2,3,4}

Neste contexto surgiu o microfone piezelétrico, também denominado microfone de cerâmica ou cristal, pois, gera uma força eletromotriz a partir da formação de um cristal que possui características piezelétricas. A tensão que é gerada pela deformação do cristal é proporcional ao deslocamento das ondas de som e estes dispositivos são capazes de receber pressão direta ou através de diafragma que está acoplado ao cristal.⁵

Quando falamos em microfones, de imediato nos vem a idéia de captadores de fontes sonoras, porém na maioria das vezes não damos a devida importância aos microfones esquecendo que são eles os maiores responsáveis pela definição da qualidade dos sinais captados tanto para sonorização como para gravação. A escolha do tipo de microfone para cada aplicação específica e as técnicas de disposição destes são pontos fundamentais para conseguirmos a máxima qualidade do sinal da fonte sonora que estamos captando. Entre os maiores objetivos quando estamos captando um sinal, estão em maximizar o sinal da fonte em relação ao ruído de fundo, ruído ambiente e evitar realimentações. O transdutor piezelétrico capta naturalmente a saída de um sinal proporcional à aceleração.^{5,6}

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo para captação de sinais de baixa amplitude, que é um microfone de contato, cujo mesmo, recebe

as vibrações através do contato direto com superfície monitorada, reduzindo o ruído, e assim permitindo a coleta deste tipo de sinal. O microfone de contato proposto neste trabalho promove a aquisição dos sinais gerados pela deglutição, permitindo o estudo destes sinais.

Materiais e Métodos

O desenvolvimento do microfone de contato para aquisição de sinais da deglutição teve como início com o estudo da pastilha piezelétrica. A pastilha piezo é um transdutor de cerâmica para captação ou emissão de sinais sonoros para tons pequenos, com baixo consumo de energia, baixa tensão. A pastilha piezo consiste em um disco laminado de cerâmica para um disco de chapa de metal. O conjunto se comporta como um diafragma, movido pelas mudanças na pressão do ar que compõem o som. Através da pressão exercida no material piezo, o mesmo é excitado e transforma em pequenos níveis energia, que podem ser capturados e estudados.⁶

Esse mesmo tipo de pastilha é encontrado em captadores de instrumentos musicais, que são conectados a superfície do instrumento. Baseado neste princípio de captação iniciou-se o processo de construção do microfone de contato. Testes foram feitos com este tipo de captador para instrumentos musicais mais não apresentaram bons resultados. A partir daí observou-se que este tipo de captador para instrumentos possuía grande sensibilidade o que para o foco desta proposta não era interessante. Passou-se então ao estudo das características de vibração de alguns materiais que proporcionassem a diminuição da sensibilidade da captação da pastilha, permitindo assim a configuração da pastilha piezo para esta finalidade. Foram necessários vários testes com materiais diferentes para encontrar o material que após fixado à pastilha piezo, diminuísse a sua excitação, promovendo a construção de um microfone que captasse apenas os sinais das superfícies em contato. Foram efetuados testes com resina epox, cola de silicone e espuma expansiva de poliuretano. Só a espuma expansiva que após a sua acomodação e secagem que apresentou o melhor resultado. O protótipo foi desenvolvido com uma fatia de mangueira de borracha de aproximadamente 1,5 cm de raio por 1,0cm de altura, preenchida com a espuma de polietileno, fixando a pastilha no fundo deste

cilindro. Após a secagem deste material com a pastilha, observou-se que ocorreu uma redução da sensibilidade de captação da pastilha, visto que, com o acréscimo desta massa, diminuiu a vibração da mesma e a pastilha não captava mais vibrações distantes da placa, apenas passou a captar vibrações diretas, com contato direto. Novos testes de captação foram efetuados.



Versão final do microfone

Conclusão

O desenvolvimento do microfone de contato apresentou melhor qualidade na aquisição dos sinais de deglutição quando comparado com outros microfones e captadores testados. A redução dos níveis de ruído foram observados, permitindo assim, o estudo dos sinais da deglutição. Este projeto apresenta dados qualitativos que podem ser observados através da comparação das imagens do microfone desenvolvido nesta pesquisa, dados extraídos através do software *Adobe Audition* versão 1.5.

Referências:

- 1 - Patrick P. *et al.* An Introduction to Piezoelectric Materials and Components. chapters of this book. Stichting Applied Piezo. 2013. ISBN 978-90-819361-1-8
- 2 - Curie J, Curie P. Développement, par pression, de l'électricité polaire dans les cristaux hémihédres faces ' inclinées. C. R. Acad Sci. 1880.
- 3 - Ikeda T. Fundamentals of piezoelectricity. Oxford University Press. Oxford. 1990.
- 4 - Jaffe B, Roth RS, Marzullo S. Piezoelectric properties of lead zirconate-lead titanate solid-solution ceramic ware. J Appl Phys. 1954.
- 5 – Dineva P. *et al.* Dynamic Fracture of Piezoelectric Materials. 7 Solid Mechanics and Its Applications 212. Springer International Publishing Switzerland. 2014.
- 6 - Yanagisaw T.; Furihata K. Pickup of speech signal utilization of vibration transducer under high ambient noise. J. Acoust. Soc. Jpn. 1975.
- 7 – Lin C.S.; Chang S.F.; Chang C.C.; Lin, C.C. Microwave Human Vocal Vibration Signal Detection Based on Doppler Radar Technology. IEEE Trans. Microw. Theory Tech. 2010.

Anexo 2

MÉTODO PARA CALIBRAÇÃO DO MICROFONE DE ELETRETO

A calibração do microfone de eletreto utilizado na referida pesquisa foi realizada por uma empresa com expertise em calibração de equipamentos para exames audiológicos.

Metodologia: Calibração Microfone

1. Calibração - Instrumentos utilizados:

- a. Medidor de nível de pressão sonora B&K, modelo: 2250-Light-G4, 1/3 Octave Frequency Analysis.
- b. Microfone Brüel & Kjær, modelo: 4144, 1" Pressure-field Microphone.
- c. Acoplador acústico Brüel & Kjær, modelo: 4152, (6cc coupler w/o microphone & preamp.).
- d. Calibrador sonoro classe 1 Brüel & Kjær, Modelo: 4231, Brüel & Kjær, 94 and 114 dB, 1 kHz.
- e. Mastóide artificial Brüel & Kjær, modelo: 4930.

- f. Cabo triaxial Brüel & Kjær, modelo: AO-0440-D-015.
- g. Adaptador Brüel & Kjær, modelo: JJ-2617.
- h. Gerador de funções BK Precision 4003A, 4MHz.
- i. Alto-falante WCT, 3W 8 Ohms.
- j. Termohigrometro minipa, modelo: MT 241.
- k. Barômetro Oregon, Modelo: RA 123.

2. Calibração - Descritivo:

O alto-falante WCT foi inserido no acoplador acústico, com força de acoplamento de 4,5N, e este estava conectado ao medidor de nível de pressão sonora, na função de domínio das frequências com resolução de 1/3 de oitava. O gerador de funções estava ligado o alto-falante, e

foi configurado para gerar uma onda de 1kHz na intensidade de 70 dBNPSpe. Após o ajuste, e a consequente obtenção da medida esperada, o alto-falante foi acoplado ao sistema de microfone de eletreto, por meio de uma placa de som USB, o mesmo sistema utilizado na coleta. Assim, os dados foram adquiridos com o aplicativo Adobe Audition CC 2017, e os dados analisados no domínio das frequências.

Cada ajuste a aquisição foi realizada 3x, em cada uma das intensidades testadas (70 dBNPSpe e 65 dBNPSpe). Com esse procedimento, obteve-se um valor médio de ajuste para que os dados do programa correspondessem aos dados da aquisição com o medidor de nível de pressão sonora.

Assim, aos pontos adquiridos pelo aplicativo adobe audition, por frequência, foi somado 92,1 dB de ajuste. Dessa forma, o pico de 1 kHz médio no analisador sempre apresentava o mesmo valor do adquirido pelo programa em todas as mediadas, com um erro médio de 1,1 dB.

Posteriormente o mesmo procedimento foi realizado com a mastoide artificial porém a intensidade foi a mesma.