

Comportamento dinâmico das pregas vocais na avaliação acústica e dose vocal

Rafaella Cristina Oliveira Gonçalves, UFMG, rafaellacris_bh@hotmail.com

Max de Castro Magalhães, UFMG, maxdcm_biomec@hotmail.com

Estevam Las Casas, UFMG, estevam.lascasas@gmail.com

Ana Cristina Côrtes Gama, UFMG, anaccgama@gmail.com

Resumo. O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento dinâmico das pregas vocais em relação à frequência fundamental utilizando as avaliações acústica e estrutural em indivíduos com qualidade vocal neutra e com alterações vocais. Trata-se de estudo observacional analítico transversal. A amostra foi de conveniência composta por 50 indivíduos de ambos os gêneros, sendo 15 homens e 15 mulheres com qualidade vocal neutra e indivíduos disfônicos sendo 5 homens e 15 mulheres. Foram realizadas gravações da voz em sala acusticamente tratada. Foi solicitado aos indivíduos que realizassem a emissão em registro modal da vogal /a/ sustentada. Os sujeitos ficaram em pé, com o microfone situado a 10 cm da boca e o acelerômetro posicionado na região supraglótica. O sinal foi captado simultaneamente pelo microfone e acelerômetro e armazenado utilizando-se a placa de aquisição de sinais NI9234 - National Instruments juntamente com o software MATLAB. Foi realizada análise qualitativa das ondas acústica e estrutural. A frequência fundamental foi extraída a partir dos dois métodos avaliados. Os dados foram submetidos a análise estatística. Observou-se que as ondas acústica e estrutural apresentaram periódicas nos indivíduos com qualidade vocal neutra. Os valores da frequência fundamental apresentaram correlação perfeita nos métodos de análise acústica e estrutural.

Palavras chave: Voz. Laringe. Prega Vocal. Análise Acústica

1. INTRODUÇÃO

A voz é produzida no trato vocal e é resultado da integração entre a fonação, ou seja, entre a vibração das pregas vocais e a ressonância. É, portanto, um atributo peculiar ao ser humano e, além dos aspectos fisiológicos, funciona como um veículo de expressão da personalidade, das emoções e até mesmo do estado psicoemocional do indivíduo. Assim, a voz é uma manifestação com base psicológica, mas de sofisticado processamento muscular (BEHLAU et al., 2001).

A avaliação vocal é de fundamental importância para a conduta fonoaudiológica, portanto, diferentes formas de análise da voz permitem uma compreensão adequada da função laríngea e de suas alterações.

A análise acústica realiza avaliação objetiva a partir da gravação e análise da voz baseada no espectrograma digital que possibilita operações como a disposição e edição da forma de onda, análise da frequência fundamental (F_0), medida de *jitter* relacionada à frequência de fala e de *shimmer* relacionada à intensidade vocal (SILVA, 2010; KENT E READ, 2002, FARIA et al., 2012; COSTA et al., 2013). A frequência fundamental da voz é definida como o primeiro harmônico e é uma medida muito utilizada para caracterizar a voz humana (MENDES et al., 2012). Ela é determinada fisiologicamente pelo número de ciclos que as pregas vocais realizam em um segundo, sendo o resultado natural do comprimento dessas estruturas. Quanto mais uma prega vocal é alongada ou tensionada, mais rápido ocorrem os ciclos glóticos e mais aguda é a frequência produzida (COSTA et al., 2013, MENDES et al., 2012, MOURÃO et al., 2011).

A medida da dose vocal é também um recurso que tem sido utilizado na clínica fonoaudiológica. Pode ser obtida por meio de um acelerômetro a partir da vibração da pele do pescoço e irá inferir sobre a vibração das pregas vocais. Estudos anteriores já haviam usado acelerômetros para medir movimentos corporais sutis provenientes da laringe e também para fornecer um mapeamento geral das vibrações da superfície da pele do pescoço e na região do tórax durante o sono (RENDON et al., 2007).

Atualmente, contamos com diversos métodos para análise da qualidade vocal, entretanto, são utilizados de forma isolada na clínica fonoaudiológica e com aplicabilidade limitada. Novas pesquisas que correlacionam os diferentes tipos de avaliação vocal são necessárias para direcionar a conduta fonoaudiológica.

Portanto, analisar as avaliações acústica e estrutural na vibração das pregas vocais no que se refere à frequência fundamental em vozes sem e com alterações irá permitir verificar a correlação entre as avaliações e contribuir para a conduta fonoaudiológica.

O presente estudo teve como objetivo analisar o comportamento dinâmico das pregas vocais em relação à frequência fundamental utilizando as avaliações acústica e estrutural em indivíduos com qualidade vocal neutra e com alterações vocais.

2. MÉTODOS

Trata-se de estudo observacional analítico transversal realizado no Ambulatório de Voz e Biomecânica da Universidade Federal de Minas Gerais. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (COEP) sob o parecer 1.229.521. Participaram do estudo 50 indivíduos de ambos os gêneros, sendo 15 homens e 15 mulheres com qualidade vocal neutra e indivíduos disfônicos sendo 5 homens e 15 mulheres com idade entre 18 e 55 anos. Primeiramente foram

realizadas gravações da voz em sala acusticamente tratada, com ruído inferior a 35 dBNPS (Nível de Pressão Sonora), medido por meio de um medidor de nível de pressão sonora digital marca Interacoustic modelo DEC 490.

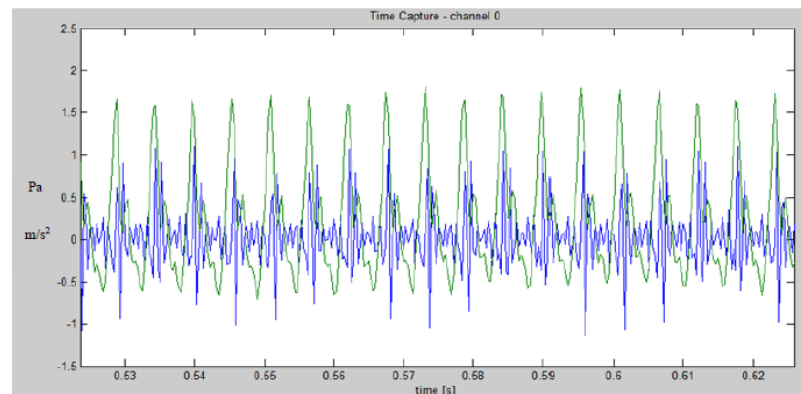
Foi solicitado aos indivíduos que realizassem a emissão em registro modal da vogal /a/ sustentada. A onda sonora foi gravada utilizando o microfone profissional, do tipo condensador, omnidirecional da marca PCB Piezotronics modelo 378B20. Os sujeitos ficaram em pé, com o microfone situado a 10 cm da boca e com ângulo de captação direcional de 90°. O microfone foi deslocado do corpo e da unidade de gravação para evitar captação de ruído do maquinário. O acelerômetro da Dytran instruments modelo 3225F1 foi posicionado na região supraglótica. O sinal foi captado simultaneamente pelo microfone e acelerômetro e armazenado utilizando-se a placa de aquisição de sinais NI9234 - National Instruments juntamente com o software MATLAB.

Posteriormente foi realizada análise qualitativa das ondas acústica e estrutural por três avaliadores treinados. Foi considerado a periodicidade da onda, ou seja, quando foi possível identificar os períodos a onda foi considerada periódica, ao contrário, quando não foi possível identificar os períodos foi considerada aperiódica. Por fim foi extraída o valor da frequência fundamental nos dois métodos avaliados.

Para análise estatística foi empregado o teste t-Student nos casos de variáveis quantitativas contínuas com distribuição normal. O nível de significância considerado foi de 5% ($p < 0.05$).

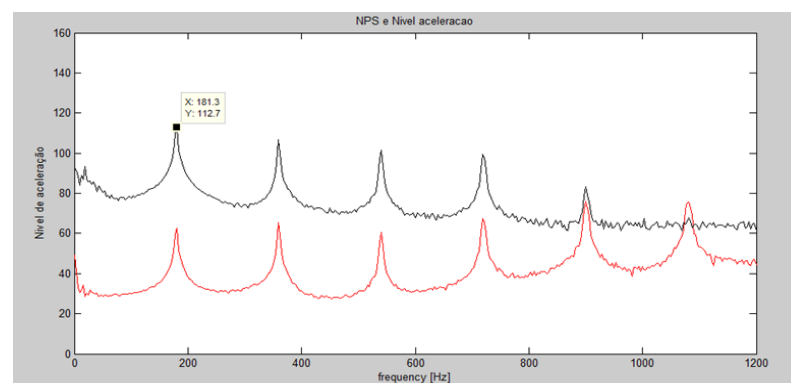
3. RESULTADOS

As figuras a seguir mostram os resultados obtidos a partir da gravação das vozes. As Fig. 1 e Fig. 2 mostram as características das ondas acústica e estrutural e da frequência fundamental na qualidade vocal neutra feminina



Legenda: Azul: onda acústica; Verde: onda estrutural

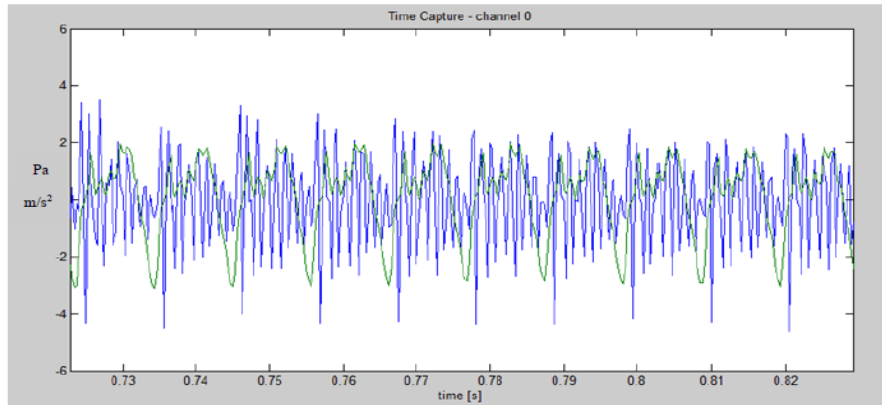
Figura 1: Onda acústica e estrutural na qualidade vocal neutra feminina



Legenda: Preto: onda estrutural; Vermelho: onda acústica

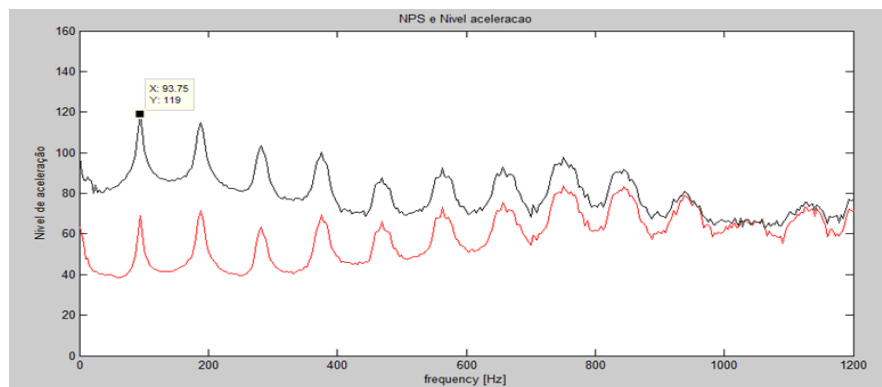
Figura 2: Comparação da frequência fundamental nas ondas acústica e estrutural na qualidade vocal neutra feminina

As Figuras 3 e 4 mostram as características das ondas acústica e estrutural e da frequência fundamental na qualidade vocal neutra masculina



Legenda: Azul: onda acústica; Verde: onda estrutural

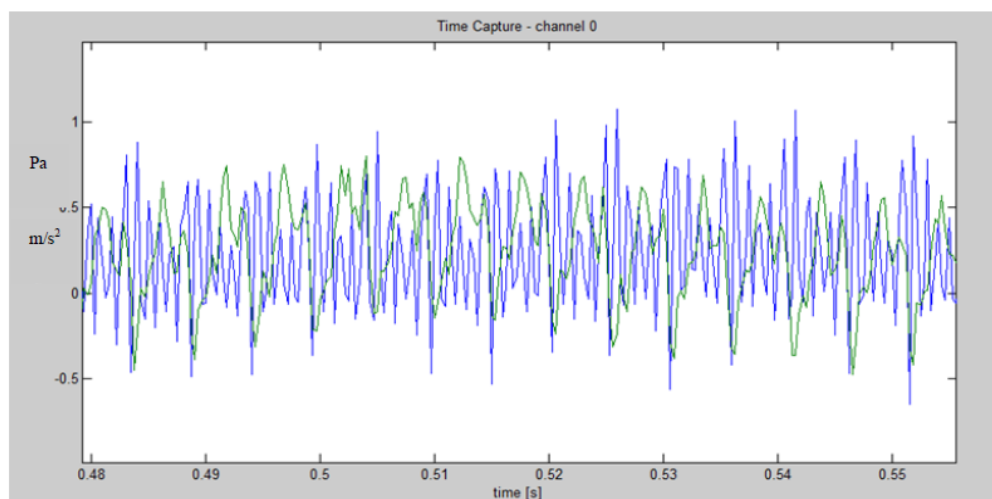
Figura 3: Onda acústica e estrutural na qualidade vocal neutra masculina



Legenda: Preto: onda estrutural; Vermelho: onda acústica

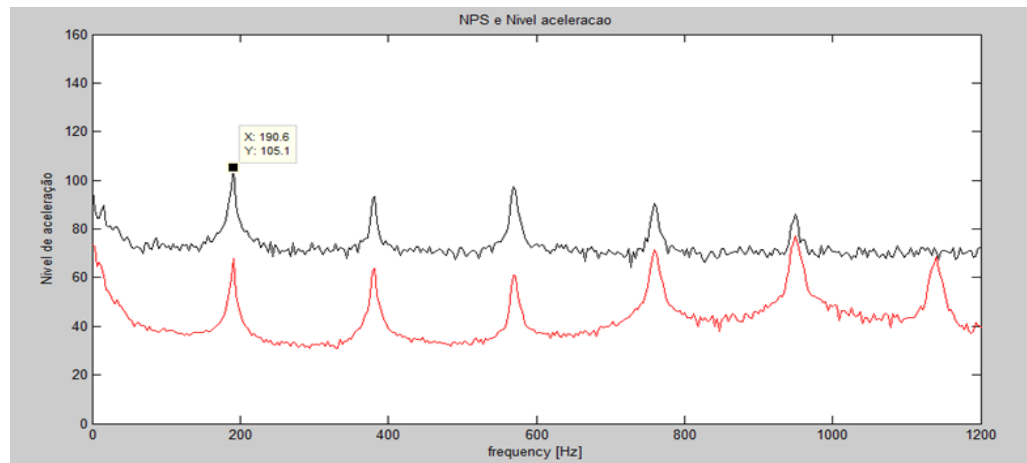
Figura 4: Comparação da frequência fundamental nas ondas acústica e estrutural na qualidade vocal neutra masculina

As Figuras 5 e 6 mostram as características das ondas acústica e estrutural e da frequência fundamental na qualidade vocal disfônica feminina.



Legenda: Azul: onda acústica; Verde: onda estrutural

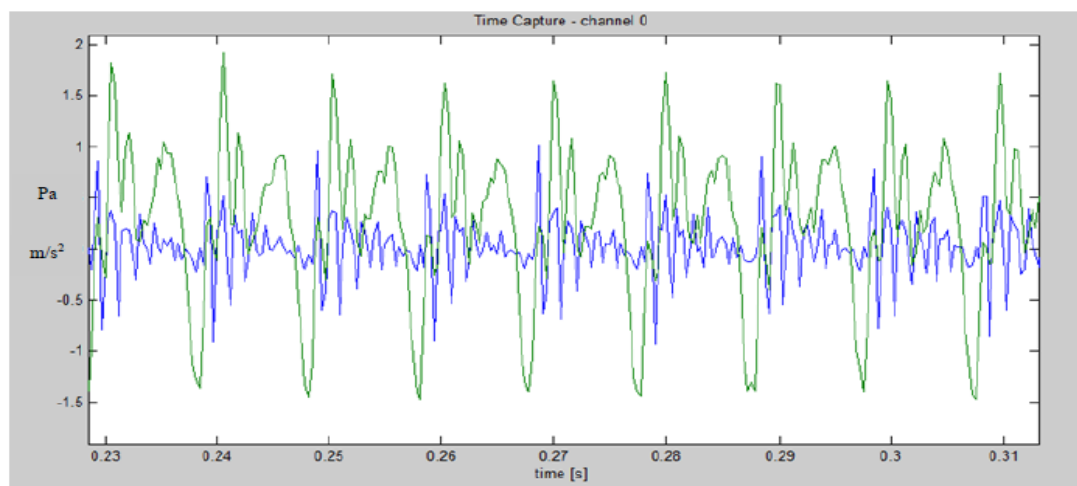
Figura 5: Onda acústica e estrutural na qualidade vocal disfônica feminina



Legenda: Preto: onda estrutural; Vermelho: onda acústica

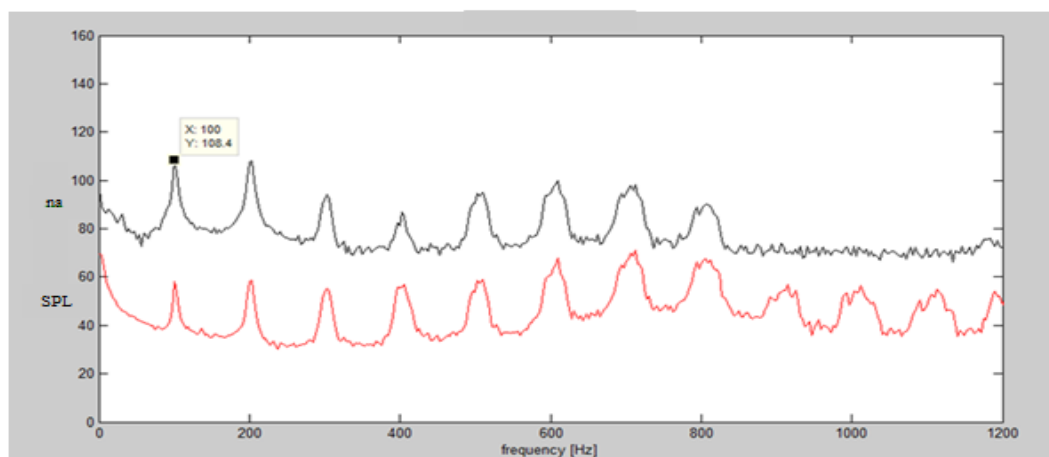
Figura 6: Comparação da frequência fundamental nas ondas acústica e estrutural na qualidade vocal disfônica feminina.

As Figuras 7 e 8 mostram as características das ondas acústica e estrutural e da frequência fundamental na qualidade vocal disfônica masculina.



Legenda: Azul: onda acústica; Verde: onda estrutural

Figura 7: Onda acústica e estrutural na qualidade vocal disfônica masculina



Legenda: Preto: onda estrutural; Vermelho: onda acústica

Figura 8: Comparação da frequência fundamental nas ondas acústica e estrutural na qualidade vocal disfônica masculina.

A partir das figuras apresentados acima e análise qualitativa observou-se que as ondas acústica e estrutural apresentaram-se periódicas nos indivíduos com qualidade vocal neutra. Para indivíduos disfônicos as ondas apresentaram aperiodicidade.

A Tabela 1 mostra os valores da frequência fundamental em indivíduos com qualidade vocal neutra e disfônica nos dois métodos avaliados.

Tabela 1: Medidas resumo e teste *t* de Student

	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	P VALOR
Mulheres não disfônicas	F1 195,8	13,0	p=1,00
	F2 195,8	13,0	
Mulheres disfônicas	F1 187,7	22,8	p=1,00
	F2 187,7	22,8	
Homens não disfônicos	F1 112,0	11,6	p=1,00
	F2 112,0	11,6	
Homens disfônicos	F1 126,8	31,8	P=1,00
	F2 126,8	31,8	

Ao analisar os valores da frequência fundamental observou-se que a média encontrada para vozes normais para vogal /a/ sustentada foi de 195,8HZ para vozes femininas e 112,0Hz para vozes masculinas nos métodos F01(F0 na análise acústica) e F02 (F0 na análise estrutural). Os valores encontrados para o sexo masculino corroboram com a literatura que mostra que a frequência fundamental obtida a partir da análise acústica variou de 115,2HZ (SMITS et al., 2005) a 131,7Hz (FUKUYAMA, 2001) para o sexo masculino. Entretanto, para vozes femininas foi encontrada a variação de 215,4Hz (ARAÚJO et al., 2002) a 217Hz (SANDERSON, MARAN, 1992), valor superior ao encontrado nos métodos F01 e F02.

Para vozes disfônicas a média do valor da frequência fundamental foi de 187,7Hz para vozes femininas e 126,8Hz para vozes masculinas para os métodos F01 e F02. A literatura descreve que esses valores variam de acordo com a alteração laríngea. Para as vozes roucas observa-se rebaixamento da frequência fundamental, e um aumento acentuado para vozes ásperas (BEBER, CIELO, 2010). Considerando a amostra deste estudo a principal alteração laríngea era nódulos no grupo de mulheres disfônicas, o que justifica o menor valor da frequência fundamental. Ao contrário, no grupo de homens disfônicos a alteração laríngea presente foi o sulco vocal e observou-se que a frequência fundamental foi mais alta.

Concordando com os dados encontrados, estudo realizado com objetivo de analisar a frequência fundamental relativa (RFF) avaliou 40 indivíduos com distúrbios vocais associados com hiperfunção vocal e 20 indivíduos com voz normal. Foram realizadas gravações da voz utilizando um acelerômetro na superfície da pele do pescoço em região subglotal e um microfone. Os resultados mostraram que RFF estimada a partir do acelerômetro teve um pouco maior de confiabilidade intra-examinador e confiabilidade idêntica quando comparada com valores estimados com o microfone (LIEN et al., 2015).

4. CONCLUSÃO

As ondas acústica e estrutural apresentaram-se periódicas nos indivíduos com qualidade vocal neutra e aperiódica em indivíduos disfônicos.

Os valores da frequência fundamental apresentaram correlação perfeita nos métodos de análise acústica e estrutural.

Ressalta-se a necessidade de novos estudos com uma amostra mais significativa que avaliem a reciprocidade das avaliações acústica e estrutural em indivíduos com qualidade vocal normal e disfônicas para possibilidade de padronização dessas medidas.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.S. et al. Normatização de medidas acústicas da voz normal. **Rev Bras Otorrinolaringol.**, v. 68, p.540-544, 2002.

- BEBER, B.C.; CIELO, C. A. Características vocais acústicas de homens com voz e laringe normal. **Rev. CEFAC**, São Paulo, 2010.
- BEHLAU, M. et al. **Voz: o livro do especialista**. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. v.1.
- COSTA, W.C.A. et al. Classificação de sinais de vozes saudáveis e patológicas por meio da combinação entre medidas da análise dinâmica não linear e codificação preditiva linear. **Rev. Bras. Eng. Biom.** v. 29, n.1, p: 3-14. 2013.
- FARIA, B. S. et al. Electroglottography of speakers of Brazilian Portuguese through Objective Multiparameter Vocal Assessment (EVA). **Braz J Otorhinolaryngol.**, v.78, p.29-34, 2012.
- FUKUYAMA, E.E. Análise acústica da voz captada na faringe próximo à fonte glótica através de microfone acoplado fibrolaringoscópio. **Rev Bras Otorrinolaringol.**, v.67, p. 776-786, 2001.
- KENT, R.D., READ, C. **Acoustic analysis of speech**. 2nd ed.Canada: Thomson Learning; 2002.
- LIEN, YU AN S. et al.Voice relative fundamental frequency via neck-skin acceleration in individuals with voice disorders. . **J Voice**.v.21, p.1482-1487. 2015
- MENDES, A.P. et al. Softwares e hardwares de análise acústica da voz e da fala. **Distúrb Comum**. v.24; n.3, p. 421-30, 2012.
- MOURÃO, A.M. et al. Avaliação Eletroglotográfica de mulheres disfônicas com lesão de massa. **Rev CEFAC**, 2011.
- RENDON, D.B. et al. "Mapping the Human Body for Vibrations using an Accelerometer," Engineering in Medicine and Biology Society, 2007.**EMBS 2007**. 29th Annual International Conference of the IEEE, p;1671-1674, 2007.
- SANDERSON, R.J., MARAN, A.G. The quantitative analysis of dysphonia. **Clin Otolaryngol Allied Sci**. v. 17, n. 5, p. 440-443, 1992.
- SILVA, L. F., CORREIA, F.N. Avaliação da exposição de passageiros ao ruído no interior de ônibus do transporte público do município de Itajubá. **Rev. CEFAC**. v.14, n.1, p.57-64, 2012.
- SMITS, I.; CEUPPENS, P.; BODT, M.S. A comparative study of acoustic voice measurements by means of Dr. Speech and Computadorized Speech Lab. **J Voice**. v.19, p.187-196, 2005.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos paciente em atendimento no Ambulatório de Fonoaudiologia do Hospital São Geraldo.
Agradecemos ao apoio financeiro da CAPES.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Nós, autores, somos os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.