

Modificações acústicas em eletrolaringe: prototipagem e estudo de caso

Giovanna Castilho Davatz Lopes¹

giovannadavatz@alumni.usp.br

Arlindo Neto Montagnoli²

arlindo@ufscar.br

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/IQSC/FMRP da Universidade de São Paulo - USP; e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – PGEE – da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos/SP, Brasil.

INTRODUÇÃO. Nos casos de perda irreversível da voz natural, como por exemplo após a realização de cirurgia de retirada da laringe para tratamento de cânceres avançados acometendo esse órgão, a eletrolaringe pode se tornar o método eletivo. Este dispositivo gera som a partir de golpeamento sucessivo de pistão contra disco vibrátil; e quando firmemente acoplado ao pescoço é transmitido ao trato vocal e filtrado, resultando em fala audível. Ocorre que sua sonoridade é robotizada. Este aspecto tem sido vinculado a diferentes fatores, como a falta de perturbação entre os pulsos glotais. São descritos ainda problemas acústicos adicionais como frequência fundamental de no máximo 120 Hz, muito grave para mulheres, cuja média natural se aproxima de 200 Hz (KAYE; TANG; SINCLAIR, 2017; VIEGAS et al., 2019; XIAO et al., 2020).

Neste sentido, a presente pesquisa objetivou (a) realizar modificações acústicas em eletrolaringe, no que se refere a inserção de perturbação no período e adequação dos valores da frequência fundamental, por meio de desenvolvimento de protótipo; e (b) avaliar a qualidade sonora da voz produzida por indivíduos laringectomizados totais, tendo como medida de resultado, o julgamento perceptivo-auditivo.

MATERIAIS E MÉTODOS. O presente estudo transversal e prospectivo foi aprovado por comitê de ética com pareceres 3.848.252 e 4.062.094. Contou com a participação de 10 indivíduos que realizaram cirurgia de laringectomia total para tratamento de câncer de laringe no Hospital Amaral Carvalho de Jaú: 1 mulher e 9 homens com idade de 58 a 77 anos (68,40 anos $\pm$ 6,68). Os participantes foram submetidos individualmente a gravações dentro de cabine acusticamente tratada, utilizando microfone *headset* Karsect Ht3a P2, conectado a placa de som USB Vention, ligada a *smartphone* Motorola One Fusion Plus, com taxa de amostragem de 44100 Hz pelo aplicativo AudioRec. As emissões consistiam de fala encadeada (contagem de 1 a 10) em duas diferentes condições:

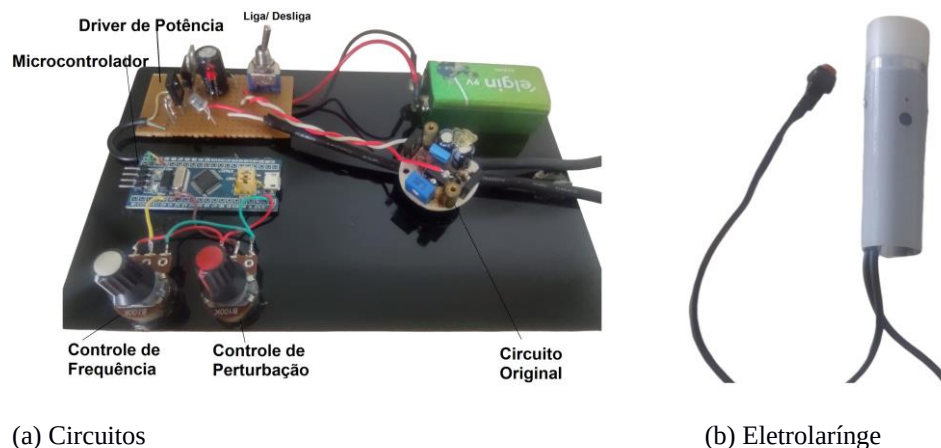
- Eletrolaringe Modificada: com perturbação no período e valor da frequência fundamental ajustado em função do sexo e faixa etária do falante.
- Eletrolaringe Convencional: sem as modificações propostas.

A qualidade sonora das emissões foi averiguada por meio de julgamento perceptivo-auditivo realizado por 7 fonoaudiólogas experientes. Para efetivar a avaliação, cada juíza deveria dizer, de um mesmo participante, qual das emissões realizadas possuía melhor qualidade, ou se não havia diferença entre elas. Sempre que indicassem uma melhor sonoridade, deveriam descrever o motivo da escolha. Os áudios estavam embaralhados, sendo a avaliação, cega. A confiabilidade intra-avaliadoras foi considerada substancial e interavaliadoras moderada pelo teste de Kappa. Os resultados foram apresentados de maneira qualitativa.

RESULTADOS. Para permitir a efetivação do estudo, a equipe de Engenharia Médica – GPEM (CNPq) desenvolveu um protótipo de eletrolaringe (Figura 1) contendo circuito original do dispositivo e circuito

adicional. O circuito convencional possui configuração de fábrica, não proporcionando perturbação ao período e possuindo frequência fundamental fixa em 120 Hz. O circuito adicional permite a variação do período de maneira proporcional à resistência do potenciômetro, com quantidade de perturbação podendo variar de 0 a 13,5%; além de controle para ajuste da frequência fundamental com valores de 70 a 240 Hz. Selecionou-se para os participantes medidas de jitter entre 0,3 e 0,5% - equivalentes ao da voz natural; e valores de frequência fundamental de 175 Hz para a mulher idosa, 110 Hz para o homem de meia-idade e 119 Hz para os homens idosos.

Figura 1: Protótipo de eletrolaringe contendo circuito convencional e circuito adicional com controle de quantidade de perturbação de período variando de 0 a 13,5% e controle para ajuste da frequência fundamental variando de 70 a 240 Hz.



Sobre o julgamento perceptivo-auditivo, como apresentado na Tabela 1, as 7(100%) fonoaudiólogas participantes preferiram a sonoridade modificada em 60 a 90% dos áudios avaliados.

Tabela 1: Distribuição das sonoridades escolhidas pelas fonoaudiólogas ao avaliarem as emissões dos 10 participantes laringectomizados totais

Fonoaudióloga	Modificada	Convencional	Sem diferença
Juíza 1	8	2	0
Juíza 2	8	1	1
Juíza 3	9	1	0
Juíza 4	7	3	0
Juíza 5	7	1	2
Juíza 6	6	1	3
Juíza 7	8	1	1

Sobre os motivos vinculados a escolha, as 7 (100%) juízas alegaram que o som modificado tornou a fala do participante mais inteligível e que isso reduz inclusive a percepção do ruído de fundo. Além disso, 6(86%) delas julgaram mais adequado para o gênero e a idade dos voluntários e 5(71%) perceberam como mais natural, ou seja, mais parecido com a voz humana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS. A prototipagem viabilizou a realização das modificações acústicas e testes com usuários. Ao ouvir as emissões, as fonoaudiólogas consideraram a sonoridade com perturbação de período e adequação dos valores da frequência fundamental melhor que a sonoridade convencional.

PALAVRAS-CHAVE. Laringe artificial. Voz alaríngea. Acústica da fala. Qualidade da voz.

AGRADECIMENTOS. Os autores agradecem às agências de fomento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sob o número 88887965017/2024-00, e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

KAYE, Rachel; TANG, Christopher G.; SINCLAIR, Catherine F. The electrolarynx: Voice restoration after total laryngectomy. *Medical Devices: Evidence and Research*, [S. l.], v. 10, p. 133–140, 2017. DOI: 10.2147/MDER.S133225.

VIEGAS, Flávia; VIEGAS, Danieli; GUIMARÃES, Glaucio Serra; SOUZA, Margareth Maria Gomes De; LUIZ, Ronir Raggio; SIMÕES-ZENARI, Marcia; NEMR, Katia. Comparison of fundamental frequency and formants frequency measurements in two speech tasks. *Revista CEFAC*, [S. l.], v. 21, n. 6, p. 1–10, 2019. DOI: 10.1590/1982-0216/201921612819.

XIAO, Ke; ZHANG, Bo; WANG, Supin; WAN, Mingxi; WU, Liang. Acoustical and perceptual characteristics of mandarin consonants produced with an electrolarynx. *Speech Communication*, [S. l.], v. 123, n. April 2018, p. 26–34, 2020. DOI: 10.1016/j.specom.2020.06.004.