



Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Faculdade de Ciências Humanas e da Saúde
Curso de Fonoaudiologia

Heloísa Lacerda da Silva

**TRANSIÇÃO DE PARÂMETROS PERCEPTIVOS E ACÚSTICOS DA FALA DE
ADULTO COM DISPOSITIVOS AUDITIVOS ELETROACÚSTICOS E ELÉTRICOS
UNILATERALMENTE OU BILATERALMENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso em Fonoaudiologia

SÃO PAULO

2023

Heloísa Lacerda da Silva

**TRANSIÇÃO DE PARÂMETROS PERCEPTIVOS E ACÚSTICOS DA FALA DE
ADULTO COM DISPOSITIVOS AUDITIVOS ELETROACÚSTICOS E ELÉTRICOS
UNILATERALMENTE OU BILATERALMENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à banca examinadora da
Pontifícia Universidade Católica de São
Paulo, como exigência para a graduação
em Fonoaudiologia, sob a orientação da
Prof^a. Dr^a. Zuleica Camargo.

São Paulo

2023

FICHA CATOGRÁFICA

LACERDA DA SILVA, HELOISA.

Transição de parâmetros perceptivos e acústicos da fala de adulto com dispositivos auditivos eletroacústicos e elétricos unilateralmente ou bilateralmente. Heloisa Lacerda da Silva. 2023

34 fls, color.; 25cm.

Orientadora: Zuleica Camargo. TCC de Graduação (Fonoaudiologia) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUCSP. 2023

Palavras-chave (DeCS Bireme - OPAS): Reabilitação da Deficiência Auditiva; Implante Coclear; Qualidade da Voz; Acústica da fala, Percepção da Fala; Fonoterapia; Fonética.

À minha mãe, Cléo, que me ensinou a sonhar.

Ao meu pai, Sandro, que me ensinou a sonhar com os pés no chão.

Ao meu irmão, Danilo, que me mostrou que os sonhos podem se tornar realidade.

Ao meu namorado, Gabriel, que é quem sonha comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Professora Dr^a. **Zuleica Camargo** pela paciência, confiança, ensinamentos e amizade durante meu percurso na graduação. Durante o curso de fonoaudiologia fui orientada duas vezes pela professora Zuleica, na iniciação científica e neste trabalho, não poderia escolher pessoa melhor para me auxiliar a percorrer esse trajeto, sempre muito paciente, sábia e forte, uma inspiração como pessoa e profissional para mim. Muito obrigada!!

À querida Professora Dr^a. **Aline Neves Pessoa Almeida**, pela atenção, pela calma, orientações e doçura em ensinar.

À Professora Dr^a. **Doris Ruthy Lewis**, pelas conversas, amizade, ensinamentos, sugestões e discussões.

Aos **meus pais, meu irmão, minhas tias e primas**, agradeço muito pelas lições, paciência, confiança e sempre verem o melhor de mim, vocês são a minha base.

Ao meu namorado **Gabriel**, que me aguentou durante meus momentos de estresse, sempre pronto para preparar os jantares quando necessário. Obrigada pela força, conselhos, paciência e principalmente por me mostrar como deve ser o amor.

À minha **tia Isabel**, mesmo não estando mais entre nós, continua presente em meu coração e sei que me acompanha em toda minha jornada. Hoje, sei que ficaria muito orgulhosa e estaria comemorando comigo essa conquista.

Às minhas queridas amigas e colegas de sala **Thamili Menuchi e Laura Celescueki** pelas conversas, paciência e encorajamentos. Sem vocês este ano seria muito mais difícil.

À professora Dr^a. **Maria Angelina Nardi de Souza Martinez**, pelos ensinamentos, disponibilidade e delicadeza. Obrigada pelos momentos de escuta, aprendizado e encorajamentos.

À Fga^a **Maria Carolina Versolatto**, pelos ensinamentos, conversas, amizade e confiança. Obrigada pelas oportunidades de aprendizado na prática, ensinamentos e conselhos que me trouxeram leveza para esse ano tão importante.

Às minhas amigas e colegas de estágio, **Anna Claudia Neves e Alexandra Frederighi**, vocês fizeram minhas terças e quintas muito mais alegres e divertidas, sem vocês meu ano não seria completo.

À professora Dr^a. **Edilene Boechat**, por proporcionar experiências incríveis e principalmente me mostrar através dos seus olhos o incrível mundo da audiologia. Sua ética e doçura me motivam como pessoa e profissional.

Por fim, agradeço a todos os colegas que fiz durante o caminho da graduação.

RESUMO

Introdução: há evidências em favor de diferenças no desempenho do implante coclear (IC) unilateral e bilateral, com benefícios ao *feedback* auditivo e percepção de fala do usuário e, conseqüentemente, na produção de fala. A abordagem fonética permite avaliar e planejar a terapia de fala, com ênfase na prosódia. **Objetivo:** o presente estudo visa descrever e discutir comparativamente a transição de parâmetros perceptivos e acústicos da fala de adulto com deficiência auditiva em três momentos: (1) com aparelho de amplificação sonora individual (AASI) bilateral; (2) com IC unilateral e AASI contralateral; e (3) com IC bilateral. **Método:** o *corpus* da pesquisa foi constituído a partir de audiograções de um indivíduo do sexo masculino, constantes de banco de dados, nos três momentos indicados: leitura de sentenças; emissões de vogal sustentada [a], números, dias da semana e meses do ano. Os procedimentos de análise de dados foram concentrados em procedimentos perceptivoauditivos (roteiro VPAS – ajustes de qualidade vocal-AQV e elementos da dinâmica vocal-EDV) e de análise acústica (*script* da falalaríngea e aplicativo *VoxPlot*). **Resultados e Discussão:** os parâmetros perceptivos revelaram a relevância de AQV de corpo de língua e de denasalidade, além de EDV referentes ao *pitch*. Do ponto de vista acústico, medidas referentes ao contraste de vozeamento, de perturbação (*jitter* e *shimmer*) e de proeminência *cepstral* foram relevantes para demarcar a evolução clínica nos três momentos estudados. **Conclusão:** o mapeamento de parâmetros perceptivos e acústicos permite estabelecer marcos evolutivos na transição de AASI para IC uni e bilateral.

Palavras-chave (DeCS Bireme- OPAS): Reabilitação da Deficiência Auditiva; Implante Coclear; Qualidade da Voz; Acústica da fala, Percepção da Fala; Fonoterapia; Fonética.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Medidas acústicas das amostras de fala nos momentos (1) uso de dispositivos eletroacústicos (Aparelho de Amplificação Sonora Individual-AASI bilateralmente - ocasião pré implante coclear), (2) uso de dispositivo elétrico (Implante Coclear- IC unilateralmente e dispositivo eletroacústico (Aparelho de amplificação sonora individual-AASI na orelha contralateral), e (3) uso de implantes cocleares bilateralmente, geradas a partir da aplicação do *script Falaalaringea* aplicável ao *software Praat*.

Tabela 2. Medidas acústicas das amostras de fala nos momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral; (2) com IC unilateral e AASI contralateral; e (3) com IC bilateral, geradas a partir da aplicação do Aplicativo *VoxPlot*.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Julgamentos perceptivoauditivos dos ajustes de qualidade vocal- AQV (planos supralaríngeo-SL; laríngeo-L; e de Tensão Muscular Geral- TMG) e dos elementos de dinâmica vocal (EDV) das amostras de fala nos momentos 1, 2 e 3.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Nuvem de pontos da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* por momentos 1, 2 e 3 dos ajustes de qualidade vocal (AQV) e dos elementos de dinâmica vocal (EDV) detectados na análise perceptivoauditiva por meio do roteiro VPAS.

Figura 2- Diagrama da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster*, com influência de cada uma das medidas acústicas extraídas a partir do *script falaalaringea*.

Figura 3- Nuvem de pontos da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* por momentos 1, 2 e 3 das medidas acústicas extraídas a partir do aplicativo *VoxPlot*.

Figura 4 - Diagrama da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster*, representando os níveis de influência de cada uma das medidas acústicas extraídas a partir do aplicativo *VoxPlot*.

LISTA DE SIGLAS

IC- Implante coclear

DA – Deficiência Auditiva

AASI- Aparelho de Amplificação Sonora

AQV- Ajustes de qualidade vocal

EDV-Elementos de Dinâmica Vocal

SL- Supralaríngeo

L- Laríngeo

TMG- Tensão Muscular Geral

CPPS - Proeminência do pico *cepstral* suavizada

GNE - *Glottal Noise Excitation*

HF-ruído (dB) - Proporção harmônico-ruído em altas frequências

HNR (dB) - *Harmonic-to-Noise Ratio*

H1-H2 (dB) - Diferença de Intensidade entre os Harmônicos 1 e 2

PSD (ms) - *Power Spectral Density*

PcD - Pessoa com deficiência

DA - Deficiência auditiva

RCPD-SUS -Rede de Cuidado à Pessoa com Deficiência - Sistema Único de Saúde

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	19
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
4. MÉTODO	23
4.1. Local, Comitê de Ética em Pesquisa-CEP	23
4.2. Coleta e análise de dados	23
4.2.1. Composição do <i>Corpus</i> da pesquisa.	23
4.2.2. Instrumentos para coleta e análise de dados.	24
4.2.3. Procedimento de análise de dados.	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Análise Perceptivoauditiva.	28
5.2. Análise Acústica.	32
6. CONCLUSÕES.	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	38

1. INTRODUÇÃO

O implante coclear (IC) tem sido impactante tecnologia a compor a reabilitação da deficiência auditiva (DA), com pressuposto na audibilidade para integração da audição ao desenvolvimento de língua oral verbal. Tal dispositivo auditivo é implantado cirurgicamente, em substituição parcial da função da cóclea, transformando estímulos acústicos em elétricos para propiciar a sensação de audição, ou seja, oferecer a possibilidade de audibilidade¹.

No Brasil, conforme preceitos de candidatura de pessoas com deficiência (PcD) auditiva e normativas reguladas pelo Ministério da Saúde. Esse tipo de tecnologia (IC) é indicado para todos os ciclos de vida na circunstância de deficiência auditiva (DA) do tipo neurossensorial bilateralmente de grau severo a profundo e que em modo conjunto apresentem uma série de indicadores, congregados inter profissionalmente, ao uso deste tipo de tecnologia².

Destarte, esta tecnologia tem permitido acesso aos sons de fala, principalmente para os que possuem perdas auditivas de grau severo a profundo, com significativos impactos biopsicossociais, como o de qualidade de vida³.

Impacta, outrossim, em melhorias na percepção de fala, em oportunidades de *feedback* acústico articulatório e construção de alvos acústicos articulatórios e por isso, de modo indissociável, auxilia na construção de condições de percepção e produção de fala^{4,5,6}.

Em adultos com DA, a conjuntura de critérios para candidatura ao uso da tecnologia de IC é alicerçada em normativas estabelecidas pelo fluxo do usuário na Rede de Cuidados à Pessoa com Deficiência do Sistema Único de Saúde brasileiro (RCPD- SUS)⁷. Estes critérios garantem que o cérebro alcançará proveito de acesso aos sons de fala por meio de sensação elétrica.

Além disso, alguns dos critérios são considerados na candidatura do usuário com DA para o processo de uso desta tecnologia, como: resultado igual ou menor que 60% de reconhecimento de sentenças em conjunto aberto com uso do aparelho de amplificação sonora individual (AASI) na melhor orelha, e igual ou menor que 50% na orelha a ser implantada, com percepção de fala diferente de zero em apresentação

em conjunto fechado e presença de código linguístico estabelecido e adequadamente reabilitado pelo método oral⁸.

A possibilidade de acesso às condições ótimas de comunicação designam entendimentos clínicos entre percepção e produção de fala desde antes da ocasião de cirurgia para inserção cirúrgica deste dispositivo.

Desde o processo pré-cirúrgico e, sobretudo, em perspectiva de acompanhamento de quem usa IC, a equipe busca por indicadores e balizadores de parâmetros de habilidades auditivas e de língua oral verbal, alcançando desempenhos cognitivos, estados emocionais e outros, por meio de diferentes instrumentos e ferramentas clínicas interdisciplinares². Reitera-se o significativo e expressivo papel da reabilitação e do treinamento com enfoque sobre integrar as habilidades auditivas ao desenvolvimento do usuário de IC, conforme o plano singular individualizado de sua rotina diária, com registro de sua evolução⁶.

Aos pacientes que têm o perfil de candidatura ao uso de IC, é notável o aperfeiçoamento em acesso a sons consonantais, fricativos e plosivos, de espectros de intensidade mais fracos e que repercutem fortemente em inteligibilidade de fala. Os processadores de fala dos IC têm oferecido, crescentemente, algoritmos que permitem condições oportunas para direcionamento de captação conforme menor exigência de proximidade de fonte sonora, tratamentos de processamento de som nos quais apuram efeitos de ruído ambientais, dentre outros parâmetros que trazem melhorias para recepção dos principais sons a serem recebidos pelo cérebro: os sons da fala.

Sabe-se sobre os efeitos em melhores habilidades de processamento auditivo central quando em condição de escuta bilateral se comparada à escuta unilateral. Sobre o desempenho do IC unilateral *versus* bilateral, pesquisas têm demonstrado avanços significativos para precisão de parâmetros em psicoacústica e impactos sobre as condições de *feedback* acústico articulatorio e conseqüentemente a produção de fala.

Apesar de sabermos que o IC unilateral proporciona a tão estimada audibilidade⁵, além do mais, em *prol* da sofisticação das habilidades auditivas, usuários de IC crescentemente buscam pelo aperfeiçoamento de condições de escuta

que congregam, por exemplo, repercussões de respostas apuradas como menor tempo de latência em resposta ao estímulo auditivo, menor esforço auditivo em condições de escuta no ruído e possibilidades de refinamentos de suas condições enquanto falantes.

Ao desenvolvimento de processamento auditivo central e habilidades sofisticadas auditivas, principalmente até os 12 anos de idade, há contínua apuração das habilidades como de análise e síntese, ordenação e organização da percepção auditiva em diferentes condições de escuta, a depender exemplificadamente da acústica do ambiente e da audição bilateral. O refinamento de aptidões primárias em habilidades de perceber características acústicas dos sons em diferentes condições de escuta também é relacionado com possibilidade maturacional, de experiências e de neuroplasticidade em janelas oportunas possibilita ao cérebro maiores e melhores condições de adaptação a mudanças. Trata-se da capacidade que o cérebro tem de responder a estímulos intrínsecos e extrínsecos, por meio da reorganização da sua estrutura, função e conexões, um processo que ocorre em todos os níveis de caminho neural e ao longo da vida^{9,10}. Envolve, assim, a organização neurológica, cortical, de processamento de informações nas quais o cérebro faz mapeamento de uma variável contínua do sinal acústico da fala em unidades discretas e linguisticamente significativas. E, para este processo, a escuta bilateral impacta para que o cérebro receba maior possibilidade de análise e ordenação das informações auditivas.

A plasticidade cerebral não é suspensa com o avançar da idade e, sobretudo, essa capacidade de mudanças de conexões entre os neurônios pode ocorrer durante toda a vida, o que permite a aprendizagem. Especialmente no adulto, torna-se impactante nas estratégias de processamento de informação e ordenação de conhecimento, a eleição de estratégias, por parte do fonoaudiólogo, para desconstruir o que já está fixado e/ou identificar indicadores que permitem a transformação de padrões que anteriormente foram construídos e mantidos, por exemplo.

Em interface às condições de percepção de fala que alcança a magnitude da prosódia, encontramos a descrição sobre a evolução e variabilidade de elementos de longo termo da produção de fala que, indissociavelmente aos elementos segmentais, têm trazido completude de entendimentos sobre controle e variabilidade da fala¹¹.

Principalmente em adultos com DA, considera-se fator interveniente de forte relevância o tempo de privação auditiva, do método de reabilitação empregado desde

o diagnóstico, a etiologia, condições de programação (no caso do IC, mapeamento), e de diversos fatores como os que envolvem cognição e condições sócio-emocionais: expectativas, da motivação e da dedicação ao processo de reabilitação do indivíduo e da família⁶.

O processo de fonoterapia, indissociavelmente, alcança a integração da audição para restaurar ou maximizar a capacidade auditiva por meio de acesso conforme tecnologia e de fala. Continuamente, estratégias de reabilitação devem ser assertivamente definidas, a considerarem elementos da evolução de parâmetros que circundam o processo conforme habilidades auditivas e de fala de cada paciente.

Diversificados instrumentos evidenciam esferas a serem consideradas e, por isso, instrumentos de avaliação e acompanhamento permitem fornecer informações para a assertividade em diagnóstico e acompanhamento audiológico, delimitar indicadores e informações para o planejamento terapêutico, estabelecer parâmetros de referência de evolução do próprio paciente e ainda, comparado a dados da mesma população (PcD auditiva conforme mesmos fatores intervenientes ao prognóstico de desenvolvimento de habilidades auditivas e de língua oral-verbal), e conforme possibilidades de parâmetros de normoouvintes. Ainda, pode trazer indicadores sobre o Serviço.

Do ponto de vista fonético, as análises perceptiva e acústica possibilitam identificar os ajustes de qualidade vocal (AQV), de naturezas laríngea (L), supralaríngea (SL) e de tensão muscular geral (TMG), além dos elementos de dinâmica vocal (EDV), permitindo detalhar a prosódia da fala. Tais instâncias designam a evolução e variabilidade do aparelho fonador em sua plasticidade e múltiplas possibilidades de combinações adotadas conforme cada perfil de falante¹²⁻¹³.

A abordagem fonética permite a integração de achados de percepção e de produção da fala. Neste campo, especificamente da Fonética Perceptiva, o modelo fonético de descrição da qualidade vocal, proposto por Laver (1980)¹⁴ viabiliza a avaliação clínica de dados de análises cientificamente validadas para diversas áreas, inclusive a fonoaudiologia. É um modelo que possibilita a descrição do perfil de qualidade e de dinâmica vocais, a partir da combinação de ajustes recorrentes nos planos laríngeos, supralaríngeos e de tensão muscular geral, além de elementos de

dinâmica vocal de continuidade, *pitch*, *loudness*, taxa de elocução e suporte respiratório¹⁵.

Tais parâmetros foram sistematizados ao Português Brasileiro-PB a partir de adaptação do roteiro conhecido internacionalmente como *Vocal Profile Analysis Scheme* para o PB (*VPAS-PB*)¹⁶. Segundo os princípios teóricos que regem a relação entre os ajustes de qualidade vocal, destaca-se a interdependência, justamente pela possibilidade de um determinado ajuste de qualidade vocal poder interferir em outro. Como exemplo, ajustes de mandíbula fechada comumente ocorrem de forma associada a ajustes de laringe elevada e de hiperfunção laríngea. Outro destaque pode ser conferido à relação entre ajustes de qualidade vocal e segmentos vocálicos ou consonantais, princípio este conhecido como suscetibilidade dos segmentos aos AQV. Neste sentido, alguns sons vocálicos ou consonantais seriam mais afetados por ajustes musculares recorrentes no aparelho fonador. Como exemplo, tem-se o anteriormente referido ajuste de mandíbula fechada, que tende a afetar, de forma impactante, as produções das vogais abertas e semiabertas. Conseqüentemente, algumas interações entre ajustes de qualidade vocal e segmentos (vocálicos ou consonantais) podem resultar em dificuldade de produção de fala inteligível, especialmente no campo da deficiência auditiva.

Sabe-se sobre a relevância da utilização de ferramentas tecnológicas que exploram as propriedades acústicas dos sons da fala para inferirmos evidências que corroborem ao entendimento de fenômenos de produção de fala ^{17,18,19,20}. A análise acústica tem permitido, de forma não invasiva, observar padrões da energia e mensurar algumas particularidades do sinal acústico por meio de técnicas de processamento do sinal, a alcançar informações a serem associadas a dados de outras naturezas, particularmente da fisiologia e da percepção. Ao entendimento da relação entre aspectos articulatórios e acústicos da fala é necessário acessar o resultante acústico desse singular sistema plástico, mutável e em progresso. Dois componentes primários: de uma fonte, que provê a entrada acústica ao sistema; e de um filtro, que modula essa entrada^{21,22,23,24,25,26}.

Do ponto de vista da Fonética Acústica, a fundamentação teórica repousa sobre as contribuições de *Fant* (1970), na consolidação da Teoria Acústica de Produção de Fala, a qual respalda os procedimentos de análise acústica aplicados à clínica. Parte da teoria estrutura-se no modelo fonte-filtro, em que a fonte se caracteriza pelo

estímulo acústico originalmente gerado (o chamado *input*) e o filtro se equipara à modulação da fonte de som original (gerando o estímulo de saída, ou *output*), de maneira que o modelo pode ser aplicado tanto aos sons de vogais, quanto de consoantes²⁷.

Assim, o ancoramento em modelos teóricos das Ciências Fonéticas permite mapear os eventos da fala na sua natural continuidade temporal, dentro do seu fluxo de variabilidade, permitindo a avaliação tanto de irregularidades em funcionamentos de sistemas dotados de plasticidade (quer por ciclos de desenvolvimento, quer por manifestações de distúrbios) em funções dinâmicas, quanto na abordagem da competência expressiva, da prevenção de riscos, da promoção e compreensão da saúde, permitindo, inclusive, a inferência de processos complexos de desenvolvimento biopsicossocial²⁸.

Consideradas as bases teóricas das complexas relações entre percepção e produção de fala propiciadas pelas Ciências Fonéticas, torna-se importante que, ao se determinar a elegibilidade ao IC, as habilidades auditivas e de fala estejam associadas aos critérios da RCPD-SUS⁷ antes da implantação, durante e após, visto que há necessidade de acompanhamento fonoaudiológico referente aos aspectos auditivos e de linguagem. Por proporcionar um *feedback* auditivo, o IC também contribui para produção de fala, resultando em melhoria da inteligibilidade de fala.

Neste contexto, a partir da utilização de integração de dados de distintas naturezas, como em correlações de dados perceptivoauditivos com dados acústicos das produções do usuário, torna-se possível acompanhar a evolução e definir marcos/balizadores para terapia/reabilitação auditiva e de fala²⁹.

Portanto, este estudo tem como objetivo analisar, do ponto de vista longitudinal, as consequências perceptivas e acústicas detectáveis nas amostras de fala de um usuário com perda auditiva neurosensorial bilateral de grau severo, usuário de AASI bilateral, submetido a IC, em uma primeira etapa do implante unilateral, seguida após dez meses por bilateral, sendo que o processo durou um ano e quatro meses. A análise volta-se a identificar e a discutir como as melhores condições de acesso auditivo podem impactar a produção da fala.

A hipótese esboçada é a de que algumas alterações na implementação do contraste de vozeamento (sonoridade) podem influenciar negativamente a percepção da fala, especialmente quando considerada no conjunto de outros achados da análise fonética, com destaque para AQV e EDV, considerando-se os diferentes momentos da vida e de acompanhamento terapêutico, como primeiramente com o uso do AASI, depois a implantação unilateral do IC e finalmente a implantação bilateral.

Ou seja, estima-se que os AQV e os EDV, em conjunto com diferenciadas dinâmicas articulatórias, possam interferir na identidade acústica e perceptiva de consoantes opostas pela sonoridade/vozeamento, como, por exemplo, as consoantes [p] e [b], além de outros achados detectáveis tanto em sustentação das vogais, quanto de falas e de tarefas dirigidas como leituras de sentenças e contagens de números.

O estudo utiliza o *software* de análise acústica *PRAAT* e o roteiro *VPAS-PB* (2008) para obter tais dados. Assim, havendo uma diferenciação em relação à estrutura do sinal acústico da fala do usuário de AASI (Momento 1), depois com um IC unilateral (Momento 2) e por fim IC bilateral (Momento 3), conjugada à descrição de AQV e EDV no plano perceptivo, busca-se entender, evolutivamente, a capacidade do falante em estudo aprimorar as suas condições de acesso ao estímulo auditivo, e se, gradativamente tal acesso também se refletiu em melhoria das condições de sincronização de AQV e EDV, em sua relação com as produções segmentais. Esperam-se melhores condições de produção de fala na implementação do IC bilateral devido ao seu melhor desempenho para localização de sons e de produção de fala inteligível.

2. OBJETIVO

O presente estudo visa descrever comparativamente a transição de parâmetros perceptivos e acústicos da fala (vogal sustentada, fala de contagem de números, dias da semana, meses do ano e leitura de sentenças foneticamente balanceadas) de adulto com deficiência auditiva em três diferentes momentos:

- (1) em uso de dispositivos auditivo eletroacústicos bilateralmente,
- (2) com o dispositivo auditivo elétrico (implante coclear-IC) unilateralmente e dispositivo eletroacústico na orelha contralateral e
- (3) com IC bilateralmente.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O tópico explora os fundamentos de base perceptiva e acústica das Ciências Fonéticas, tomando-se como base respectivamente o modelo fonético de descrição da qualidade vocal (LAVÉ, 1980) e a teoria acústica da produção da fala (FANT, 1970).

Além do campo segmental, em que o enfoque recai sobre sons de vogais e consoantes, a abordagem fonética propicia a avaliação prosódica. A partir do modelo fonético de descrição da qualidade vocal¹⁴, pode-se descrever os AQV e os EDV.

O roteiro VPAS- *Vocal Profile Analysis Scheme* (2002) tem pressuposto fonético na definição do perfil vocal do falante, conforme a plasticidade do aparelho fonador. Descrito por Laver (1980), foi traduzido e adaptado à realidade nacional por Camargo e Madureira (2008)¹⁶. Tal método de análise perceptivoauditiva provê o detalhamento da prosódia da fala, ao descrever o perfil de ajustes de qualidade vocal (AQV) e elementos de dinâmica vocal (EDV) implementados pelo falante^{30,31}. Os ajustes presentes na proposta de avaliação incluem aqueles de natureza supralaríngea (longitudinais, transversais e de acoplagem velar) e laríngea ou fonatória e de tensão muscular geral³¹.

É necessário que fonoaudiólogos capacitados e experientes julguem a partir de parâmetros de longo termo e que resultam de preceitos de combinabilidade e suscetibilidade dos efeitos no trato vocal³¹. Quanto aos traços de qualidade vocal são designados os supralaríngeos (labial, mandíbula, língua, corpo de língua, velofaríngeo, tensão - faríngea e laríngea), laríngeos (modos de fonação) e tensão muscular geral (trato vocal e laringe). Os traços prosódicos referentes à dinâmica vocal são elencados em *pitch* e *loudness* (*habitual, variabilidade e extensão*), continuidade (pausas), taxa de elocução e suporte respiratório. A classificação permite estabelecimento de graus de ajustes, sendo o grau 1 indicativo de uma pequena diferença dos ajustes neutros e grau 3 indicativo de moderada diferença. Já os que extrapolam a condição considerada de normalidade fisiológica são designados em graus com diferença maior em relação aos ajustes neutros, com graus extremos, sendo de graus 4 a 6.

Na teoria acústica da produção da fala (Fant, 1970), a fonte acústica se caracteriza como a matéria prima sonora, ou seja, pode tanto se caracterizar como a energia produzida a partir da vibração das pregas vocais (fonte de vozeamento ou de sonoridade), quanto de ruídos, decorrentes de obstruções e estreitamentos a passagem da corrente de ar pelo aparelho fonador. Portanto, na produção dos sons da fala (vogais e consoantes), são três as fontes acústicas possíveis: fonte de sonoridade (ou de vozeamento) decorrente da vibração de pregas vocais - presente em todos os sons vozeados (sonoros); fonte de ruído transiente, decorrente da obstrução total da corrente de ar, seguida de liberação repentina (explosão) - presente nos sons plosivos e africados; e fonte de ruído contínuo; decorrente da obstrução parcial (estreitamento) da corrente de ar (fricção) - presente nos sons fricativos e africados³².

No caso de sons produzidos exclusivamente com fonte de voz, conhecidos como sons ressoantes, ocorre somente a geração da fonte de voz. Este grupo é representado pelas vogais, consoantes nasais, líquidas e semivogais. A fonte acústica será filtrada pela ação dos articuladores que determinam diferentes formatos das cavidades ressoadoras (supraglóticas). Tal fenômeno ocorre porque quando o ar passa pelo trato vocal, fazendo com que os tecidos circundantes vibrem. A forma, extensão e o diâmetro das cavidades do trato vocal afetam a seletividade das frequências da fonte sonora, produzida na fonte, no sentido de quais serão amplificadas e quais serão atenuadas³². Tais frequências de ressonâncias são conhecidas como formantes.

No caso de sons produzidos com fontes de ruídos (transiente e/ contínuo) conhecidos como sons obstruintes, ocorre necessariamente uma obstrução (total ou parcial) no trato vocal. As consoantes plosivas são produzidas graças à geração da fonte de ruído transiente. Se for a única fonte acústica presente, tem-se a categoria de plosivas não vozeadas ([p], [t], [k] no português brasileiro (PB)²⁸). Se a fonte de voz se somar, uma consoante plosiva vozeada passa a ser produzida ([b], [d], [g] no PB¹¹). As consoantes fricativas são produzidas graças à geração da fonte de ruído contínuo. Se for a única fonte acústica presente, tem-se a categoria de fricativas não vozeadas ([f], [s], [ʃ], [x], [X] e [ħ]) no PB²⁷. Se a fonte de voz se somar, uma consoante fricativa vozeada passa a ser produzida ([v], [z], [ʒ], [ʝ], [β] e [ɦ] no PB²⁷). Em caso da

combinação de duas fontes de ruído (transiente e contínuo), configura-se a classe de consoantes africadas (não vozeada [tʃ] e vozeada [dʒ] no PB²⁷).

No caso das oclusivas vozeadas acontece um breve momento preenchido pela obstrução do ar. No caso das não vozeadas, ocorre um intervalo de silêncio. Acontecem dois processos na produção das oclusivas e africadas, primeiro é o fechamento do trato vocal com o ar presente e, o segundo, a liberação desse fechamento. A liberação dessa oclusão causa um ruído de explosão na percepção acústica, detectado auditivamente como uma plosão³². Devido à necessidade de vibrar as pregas vocais durante a produção das consoantes vozeadas, ocorre o declínio da pressão supraglótica durante a obstrução, tornando essa atividade mais complexa para o aparelho fonador³². Outra característica que difere as consoantes não vozeadas e vozeadas é o contraste de vozeamento que é evidenciada pelas vozeadas possuírem a duração de emissão mais curta do que as não vozeadas³².

Estudos referem sobre a dificuldade de controle e manejo de sincronização entre ajustes laríngeos, supralaríngeos e de tensão muscular geral. Pessoas com deficiência auditiva podem obter muitas modificações vocais devido à dificuldade do controle do desempenho vocal, isto devido à ausência do retorno auditivo para conseguir comedir seus ajustes vocais³³. Porém com a implementação de tecnologias auditivas, como o AASI e o IC, foi observado que crianças e adolescentes modificam da produção vocal, em detrimento do *feedback* auditivo^{33,34,35}.

4. MÉTODO

O item de metodologia segue descrito em termos de Local de realização da pesquisa e julgamento por comitê de ética institucional; da descrição dos procedimentos de coleta e análise de dados (*corpus* da pesquisa, coleta de amostras de fala, procedimentos de análise perceptiva e acústica).

4.1. Local, Comitê de Ética em Pesquisa-CEP

O projeto foi desenvolvido em colaboração entre Laboratório Integrado de Análise Acústica e Cognição (LIAAC) do Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem (PPG em Lael - PUCSP) e Programa de Implante Coclear - Hospital Universitário Cassiano Antonio Moraes (HUCAM-UFES – UFES), participante do Programa de Implante Coclear HUCAM-UFES (Vitória,ES). A colaboração contou com a possibilidade de exploração de amostras do banco de dados que congrega a interface entre ensino-pesquisa-extensão do Curso de Fonoaudiologia com o Núcleo de Voz Espírito Santo (ES)- VozES e com o Programa de Implante Coclear (HUCAM)-UFES, centro de Alta Complexidade em Saúde Auditiva no Hospital Universitário, credenciado na Rede de Cuidados à Pessoa com Deficiência-RCPD-SUS.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Cassiano Antônio Moraes - HUCAM (5.558.787), tendo o falante estudado consentido no uso das amostras e em consonância com os princípios éticos que regem as pesquisas com seres humanos, mediante a assinatura de TCLE.

O presente estudo é de natureza experimental, observacional, descritiva e longitudinal.

4.2. Coleta e análise de dados

4.2.1. Composição do *Corpus* da pesquisa

O *corpus* de pesquisa foi constituído a partir de audiograções de um indivíduo do sexo masculino, constantes do banco de dados, em três momentos do

seu tratamento: momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral; (2) com IC unilateral e AASI contralateral; e (3) com IC bilateral,

O indivíduo estudado, usuário da rede de saúde SUS, na ocasião do IC bilateral estava 41 anos de idade, adquiriu a deficiência auditiva desde bebê, devido a ototoxicidade de medicamentos administrados para o tratamento de pneumonia. Fez uso de AASI (momento 1), até colocar os IC, inicialmente do lado direito (momento 2), implantado em agosto de 2019, ativado em setembro do mesmo ano, depois do lado esquerdo (momento 3), implantado em junho de 2021, ativado um mês depois.

Em todas as etapas de coletas, nos três momentos foram audiogravadas falas de único indivíduo conforme mudanças de utilização de tecnologias ao longo dos anos seguindo o roteiro de (1) leitura de 6 sentenças do instrumento CAPE-V³⁶, (2) emissão de vogal sustentada [a]; (3) contagem de números; (4) emissão dos dias da semana; e (5) meses do ano. As 6 frases do roteiro CAPE-V adaptadas ao PB referem-se a:

1. *Erica tomou suco de pera e amora*
2. *Sonia sabe sambar sozinha*
3. *Olha lá o avião azul*
4. *Agora é hora de acabar*
5. *Minha mãe namorou um anjo*
6. *Papai trouxe pipoca quente*

4.2.2. Instrumentos para coleta e análise de dados

As amostras de áudio, conforme descrição de *corpus* no item anterior, foram registradas por meio da gravação da voz do paciente no laboratório do Núcleo VozES - Curso de Fonoaudiologia UFES, no *Computerized Speech Lab* (CSL™).

Os dados vocais foram gravados no laboratório de voz *Kay Pentax*, pelo software *Multi- Dimensional Voice Program* (MDVP); *Model 4305 da Kay Elemetrics™*, utilizando-se microfone profissional, tipo dinâmico, cardioide, *Shure™* PG48, em ambiente silente. Nas várias etapas de coleta, o falante foi posicionado em pé, com os braços estendidos ao longo do corpo, e microfone à distância de 5 cm da boca, e instruídos a realizar as tarefas vocais na voz habitual.

Todas as amostras de fala foram digitalizadas em monocal, 22,5 kHz e 16 bits pelo programa *Audacity*, versão 2.0.6.

As amostras de áudio coletadas nos três momentos foram editadas, segmentadas e anotadas no *software* PRAAT de forma a gerar estímulos para a análise perceptiva (por meio do roteiro VPAS-PB) e para a análise acústica (para preparo para aplicação do *script* de *falaalaringea* (disponível em: <https://cienciaaberta.org/ferramentas/>) e aplicativo *VoxPlot* (disponível em: <https://voxplot.lingphon.com/en/download/>)).

4.2.3. Procedimento de análise de dados

Os procedimentos de análise de dados foram divididos nas etapas de análise perceptivoauditiva e de análise acústica, além de seu tratamento, incluindo abordagem qualitativa e multidimensional.

4. 2.3.1. Análise perceptivoauditiva da qualidade e da dinâmica vocal por meio do roteiro VPAS-PB

Para análise perceptiva, cada estímulo, representativo das diferentes tarefas de fala, foi segmentado e renomeado, de forma aleatória para evitar a identificação dos três momentos da coleta, gerando um total de 31 estímulos, aos quais foram acrescentados 07 estímulos em repetição que se caracterizam como elementos representativos da possibilidade de avaliação da confiabilidade intrajuiz. Foi selecionado um juiz experiente no uso do roteiro VPAS-PB, para caracterização dos ajustes de qualidade vocal (AQV) e elementos de dinâmica vocal (EDV), conduzindo as análises, de forma cega quanto ao momento de coleta de dados de fala. Numa segunda etapa, as análises foram revisadas por um segundo avaliador, também experiente no uso do roteiro de avaliação fonética da qualidade e da dinâmica vocal.

4. 2.3.2. Análise acústica

Para os procedimentos de análise acústica foram utilizados o *script* de *falaalaringea*³⁷ e do aplicativo *VoxPlot*³⁸.

O *script* de *falaalaringea*³⁷ é aplicável ao programa de livre acesso PRAAT-versão 6.3.10 (disponível em: <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>)³⁹, a partir do qual são

extraídas medidas de: duração de vogais sustentadas; de diferença de intensidade entre vogais e consoantes oclusivas plosivas adjacentes (não vozeadas e vozeadas), que são indicativas da implementação do contraste de vozeamento/sonoridade; variação da intensidade ao longo da emissão; e proeminência do pico *cepstral* suavizada (*Cepstral Peak Proeminence Smoothed - CPPS*)²⁸. O conjunto de tais medidas acústicas é relevante para aplicações clínicas e, até o momento, havia sido empregada apenas para estudos de fala alaríngea, entretanto a ferramenta revela potencial uso para outras populações de falantes.

Para sua aplicação demanda-se um trecho de vogal sustentada; uma palavra com consoante surda (ou sonora) e uma vogal sucessiva a ela; um trecho de fala espontânea; e, quando possível, um trecho de voz cantada. As amostras de fala utilizadas nesta etapa referiram-se a: uma vogal sustentada [a], um par de vocábulos opostos por sonoridade, sendo elas opostas pelos segmentos [p] e [b] seguidas pela mesma vogal ([a]) e um trecho de fala espontânea, usado a contagem de dias da semana. Sendo as frases utilizadas, com destaque para as sílabas utilizadas no contraste de vozeamento/sonoridade:

1. Papai trouxe pipoca quente.
2. Sonia sabe sambar sozinha.

O *script* conduz o avaliador na seleção de: toda a extensão da vogal sustentada, o trecho de silêncio da obstrução da consoante plosiva, a porção mediana da vogal situada no contexto de consoante surda (ou sonora), e toda a extensão do período da fala espontânea. A amostra de voz cantada não constava no banco de dados. As medidas obtidas foram a duração da vogal sustentada, a diferença de intensidade entre a consoante e a vogal subsequente, a média e o desvio padrão de intensidade de fala, e a medida de CPPS. Os dados foram tabulados e comparados entre os três momentos de coleta.

O aplicativo *VoxPlot*, por sua vez, processa amostras de vogais sustentadas, de fala encadeada (no caso da presente pesquisa: audiogravações de contagens de números- 01 a 10) e combinada (conjugando a vogal sustentada e a amostras de fala encadeada). O *VoxPlot* utiliza automaticamente a versão Praat 6.0.40 para rodagem, com extração das seguintes medidas acústicas: inclinação espectral (dB), ruído de

alta frequência(dB), *HNR-D* (dB), *H1H2* (dB), *CPPS* (dB), tremor local (%), tremor ppq5,(%), brilho (%), *HNR* (dB), PSD (ms), quebras de voz, GNE, média de tom (Hz), tom mínimo (Hz), tom máximo (Hz), tom SD (Hz) e faixa tonal (st)¹⁹.

O aplicativo fornece valores de normalidade para comparação aos valores da análise realizada. As medidas que estimam o parâmetro perceptivo de rugosidade são o ppq (quociente de perturbação de *pitch* com fator de suavização de 5 períodos) e *HNR* (relação harmônico/ruído). A soproidade, por sua vez, é verificada a partir das medidas *CPPS* (proeminência do pico cepstral suavizado) e *GNE* (razão de excitação glótica - ruído)¹⁹.

4. 2.3.3. Tratamento estatístico das informações de naturezas perceptiva e acústica

As informações perceptivas (composição do perfil perceptivoauditivo de qualidade e dinâmica vocal pelo roteiro *VPAS-PB*) e as medidas acústicas, extraídas a partir da aplicação de *script* da *falaalaríngea* ao *software* PRAAT e ao uso do aplicativo VoxPlot, foram inicialmente abordadas de forma qualitativa quanto à sua correspondência nos três momentos analisados.

Numa segunda etapa, foi empregada abordagem estatística, a partir da análise aglomerativa hierárquica de *cluster*, com uso do *software* SPAD 8.0, especialmente quanto à possibilidade de agrupamento das variáveis perceptivas e acústicas nos três momentos de coleta das amostras de fala representativos do uso de (1) AASI bilateral; (2) de IC unilateral e de AASI contralateral; e, finalmente, (3) IC bilateral.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados em termos das descrições perceptivoauditivas e acústicas das amostras de fala em três momentos: (1) com o uso de AASI bilateral; (2) com IC unilateral e AASI contralateral; e (3) com IC bilateral.

5.1. Análise Perceptivoauditiva

O quadro 1 apresenta os dados perceptivoauditivos de ajustes de qualidade vocal (AQV) e de elementos de dinâmica vocal (EDV) das amostras de fala do adulto com deficiência auditiva nos três momentos abordados.

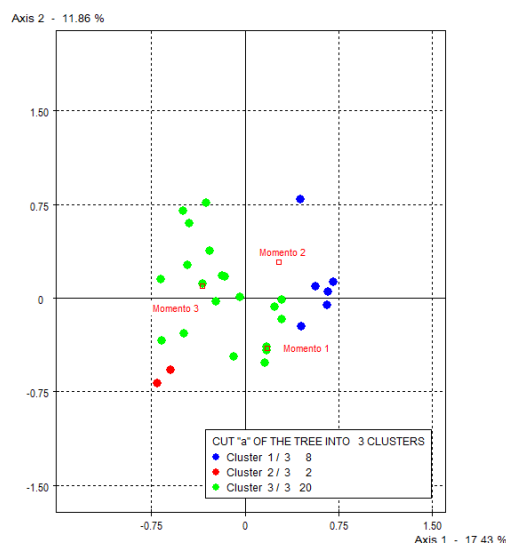
Quadro 1- Julgamentos perceptivoauditivos dos ajustes de qualidade vocal- AQV (planos supralaríngeo-SL; laríngeo-L; e de Tensão Muscular Geral- TMG) e dos elementos de dinâmica vocal (EDV) das amostras de fala nos momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral, (2) com IC unilateral e AASI contralateral, e (3) com IC bilateral

VPAS (Tipo do contexto fonético da amostra de fala)	Momento 1- Pré IC (com AASI bilateral)	Momento 2- Com IC Unilateral, AASI contralateral	Momento 3- Com IC Bilateral
VPAS- Ajustes de qualidade vocal (AQV) nos planos supralaríngeo (SL), Laríngeo (L) e de Tensão Muscular Geral (TMG) e Elementos de Dinâmica Vocal (EDV)			
Fala encadeada - Contagem de números	AQV: SL: nasal (3); diminuição de extensão língua (3); e mandíbula (2); expansão faríngea (2); laringe abaixada EDV: diminuição da taxa de elocução (2)	AQV: SL: denasal (3); diminuição de extensão língua e mandíbula (3), corpo de língua avançado (2) e abaixado (2) EDV: diminuição da variabilidade de <i>pitch</i> (3)	AQV: nasal (1); diminuição de extensão de lábios (2) e mandíbula (2); expansão faríngea (2); L: instabilidades EDV: diminuição da extensão (1) e variabilidade (1) de <i>pitch</i> , diminuição da taxa de elocução (1)
Fala encadeada - Dias da semana	AQV: SL: nasal (2), diminuição de extensão língua (2) e mandíbula (2); expansão faríngea (2) EDV: diminuição da extensão (1) e variabilidade (1) de <i>pitch</i> ; diminuição da taxa de elocução (1)	AQV: SL: denasal (2); diminuição de extensão língua (2) e mandíbula (2); expansão faríngea (2) EDV: diminuição extensão (1) e variabilidade (1) de <i>pitch</i>	AQV: SL: denasal (3); diminuição de extensão língua (3) e mandíbula (3), expansão faríngea (3) EDV: diminuição extensão (3) e variabilidade (3) de <i>pitch</i>
Vogal sustentada	AQV: L: instabilidades, TMG: hiperfunção laríngea (2) EDV: emissão sustentada de vogal- não permite avaliar todos os EDV	AQV: L: instabilidades, TMG: hiperfunção laríngea (4) EDV: aumento de loudness habitual (2) emissão sustentada de vogal- não permite avaliar todos os EDV	AQV: SL: nasal (1); L: Voz áspera (1); Instabilidades; TMG: Hiperfunção laríngea (3) EDV: aumento de loudness habitual (2) emissão sustentada de vogal- não permite avaliar todos os EDV

Leitura - Sentença 1 do CAPE-V	AQV: SL: Nasal (1); Expansão faríngea (2); TMG: hiperfunção laringea (2); quebras vocais EDV: aumento da variabilidade de <i>pitch</i> (2); diminuição da taxa de elocução (2)	AQV: SL: denasal (3), diminuição de extensão língua (3); mandíbula (2) EDV: diminuição da taxa de elocução (2)	AQV: SL: denasal (3), diminuição de extensão língua (3); e mandíbula (2); expansão faríngea (2) EDV: diminuição da taxa de elocução (2)
Leitura - Sentença 2 do CAPE-V	AQV: SL: denasal (1); diminuição de extensão língua (2) e mandíbula (2); expansão faríngea (2) EDV: diminuição da extensão (2) e variabilidade (2) de <i>pitch</i> ,	AQV: SL: denasal (3), corpo de língua abaixado (2), diminuição de extensão língua (3); expansão faríngea (3) EDV: diminuição extensão (2) e variabilidade (2) de <i>pitch</i>	AQV: SL: nasal (2); corpo de língua elevado (3); diminuição de extensão língua (3) e mandíbula (3); expansão faríngea (2) EDV: diminuição da extensão (2) e variabilidade de <i>pitch</i> (2); diminuição da taxa de elocução (2)
Leitura - Sentença 3 do CAPE-V	AQV: SL: denasal (1); diminuição de extensão língua (3) e mandíbula EDV: diminuição de extensão (3) e variabilidade (3) de <i>pitch</i>	AQV: SL: Nasal (3); Escape de ar Nasal; ; Expansão Faríngea (2); TMG:Hiperfunção laringea (1); L: instabilidade EDV: aumento de <i>pitch</i> habitual aumentado (2); e aumento da extensão (2) variabilidade de <i>pitch</i> (2)	AQV: SL: nasal (3); Escape de ar Nasal; Expansão Faríngea (2); TMG:Hiperfunção laringea (1); L: instabilidade EDV: <i>pitch</i> habitual aumentado (2); e aumento da extensão (2) variabilidade de <i>pitch</i> (2)
Leitura - Sentença 4 do CAPE-V	AQV: SL: nasal (1), mandíbula fechada (3), diminuição extensão língua (4) e mandíbula (3) EDV: aumento da variabilidade de <i>pitch</i> (2), diminuição da taxa de elocução (2)	AQV: SL: nasal ⁴¹ (3), expansão faríngea (2)	AQV: SL: nasal (1); laringe elevada (1); TMG: hiperfunção laringea (2) EDV: aumento da variabilidade (2) de <i>pitch</i> ; diminuição da taxa de elocução (2)
Leitura - Sentença 5 do CAPE-V	AQV: denasal (1); Expansão faríngea (2); diminuição extensão língua (3) e mandíbula (3) EDV: diminuição da extensão de <i>pitch</i>	AQV: SL: Expansão faríngea (2); Diminuição extensão língua (3) e mandíbula (3) EDV: diminuição da extensão (2) e variabilidade (2) de <i>pitch</i> ; diminuição da taxa de elocução (1)	AQV: SL: expansão faríngea (2); diminuição extensão língua (3) e mandíbula (3) EDV: diminuição da extensão (2) e variabilidade (2) de <i>pitch</i> ; diminuição da taxa de elocução (1)
Leitura - Sentença 6 do CAPE-V 6	AQV: expansão faríngea (2); corpo de língua elevado (3); diminuição extensão de língua (3), mandíbula (3) e lábios (2); quebra vocal EDV: aumento da variabilidade de <i>pitch</i> (3)	AQV: denasal (1), Expansão faríngea (2); diminuição extensão lábios (2); quebra vocal EDV: aumento da variabilidade de <i>pitch</i> (3)	AQV: expansão faríngea (2); corpo de língua elevado (3); diminuição de extensão de língua (3), mandíbula (3) e lábios (2); L; instabilidade; quebra vocal EDV: aumento da variabilidade de <i>pitch</i> (3)

Legenda – número entre parênteses () sinaliza o grau de manifestação de AQV ou EDV numa escala de 1 a 6.

A figura 1 apresenta a nuvem de pontos gerada a partir da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* por momentos 1, 2 e 3 dos ajustes de qualidade vocal (AQV) e dos elementos de dinâmica vocal (EDV) detectados na análise perceptivo auditiva por meio do roteiro *VPAS*, com apenas 23,34% dos pesos das variáveis representadas nos eixos 1 e 2.



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Figura 1: Nuvem de pontos da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* por momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral, (2) com IC unilateral e AASI contralateral, e (3) com IC bilateral dos ajustes de qualidade vocal (AQV) e dos elementos de dinâmica vocal (EDV) detectados na análise perceptivoauditiva por meio do roteiro *VPAS*.

As variáveis influentes para a segregação dos *clusters*, em ordem decrescente de influência, com respectivos valores de T, referiram-se a:

-*Cluster 1*: EDV: *pitch* extensão (5,10) e variabilidade (4,47) diminuídas; AQV: denasal (2,45); corpo de língua extensão diminuída (2,11);

-*Cluster 2*: EDV: *pitch* habitual elevado (2,83); *pitch*-extensão aumentada (2,83);

-*Cluster 3*: EDV: *pitch* extensão (4,32) e variabilidade (3,82) diminuídas.

Os ajustes de qualidade vocal e os elementos de dinâmica vocal não segregaram os três momentos de coleta das amostras de fala, entretanto revelaram

AQV e EDV que, por sua presença ou ausência, definiram, evolutivamente (de forma cronológica e em processo terapêutico fonoaudiológico), a evolução dos perfis ^{41,42} de qualidade vocal do falante em questão ^{34,43}. Estudos⁴⁴ têm demonstrado que efeitos de evolução de variabilidade e extensão de *loudness* e *pitch* podem sua motivação em decorrência de vibrações irregulares das pregas vocais, as quais são ativadas por uma redução da pressão respiratória subglótica ³³.

Os dados observados sugerem a necessidade influências de mobilização com extensão reduzida dos articuladores, língua e mandíbula, principalmente, os quais reforçam as dificuldades que pessoas com DA apresentam ao manejar ajustes de extensão de articuladores - lábio língua e mandíbula em todos os momentos, assim conforme referido pela literatura ⁴⁵. Especialmente no momento 3, na ocasião em que passou a utilizar IC bilateral, elementos da dinâmica vocal destacam a possibilidade de aumento de extensão e variabilidade de *pitch*⁴⁵. Estudos apontam sobre o benefício do uso de IC bilateral para percepção da fala, quando comparado com uso de AASI e IC unilateral, especialmente em condições de percepção de fala no ruído, comparada à situação de silêncio: diversificados testes de percepção da fala têm sido aplicados por grupos de estudos em todo o mundo demonstrando que, apesar da variabilidade dos resultados, o IC bilateral pode proporcionar melhora na percepção da fala no silêncio e no ruído, em crianças e adultos quando utilizado o IC bilateral. Tais condições alinham-se à conjuntura de variáveis influentes para a segregação dos *clusters*, em ordem decrescente de influência, com respectivos valores de T, referiram-se a:

-*Cluster 1*: EDV: *pitch* extensão (5,10) e variabilidade (4,47) diminuídas; AQV: denasal (2,45); corpo de língua extensão diminuída (2,11);

-*Cluster 2*: EDV: *pitch* habitual elevado (2,83); *pitch*-extensão aumentada (2,83);

-*Cluster 3*: EDV: *pitch* extensão (4,32) e variabilidade (3,82) diminuídas.

Os dados observados sugerem a necessidade influências de mobilização com extensão reduzida de articuladores, especialmente língua e mandíbula, em conjunção com EDV, o que foi notório em melhorias em variabilidade e extensão de *pitch* e *loudness* na dinâmica vocal deste estudo.

5.2. Análise Acústica

A tabela 1 apresenta o resultado das medidas acústicas, também nos três momentos do usuário, geradas pelo *software* Praat, e as medidas obtidas a partir da aplicação do *Script Falaalaringea*³⁷.

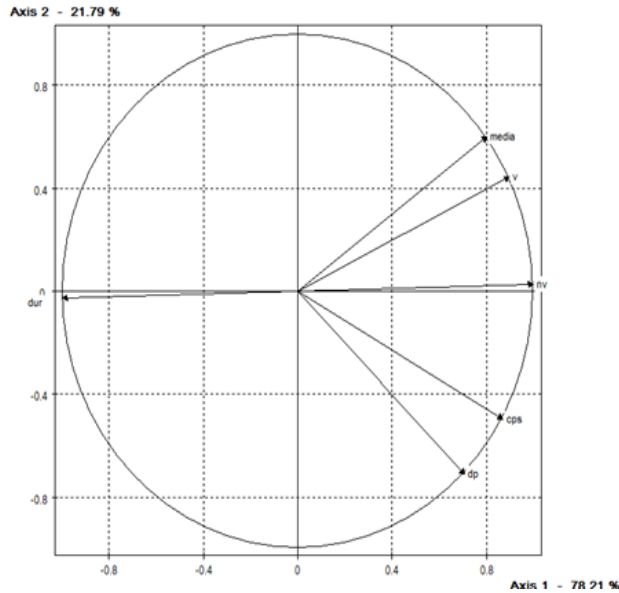
Tabela 1- Medidas acústicas das amostras de fala nos momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral, (2) com IC unilateral e AASI contralateral, e (3) com IC bilateral, geradas a partir da aplicação do *script Falaalaringea* aplicável ao *software* Praat.

Medidas acústicas		Momento 1 (pré IC, com AASI)	Momento 2 (IC Unilateral)	Momento 3 (IC bilateral)
Duração da vogal sustentada [a]		05.19	05.30	06.55
Diferença de intensidade entre consoantes plosivas e vogais (dB)	Não Vozeada	15.63	14.58	4.38
	Vozeada	4.48	0.46	-01.82
Intensidade da fala espontânea (dB)	Média	86.88	80.56	77.00
	Desvio padrão	02.55	04.00	02.02
CPPS (dB)		17.09	17.72	16.40
(Proeminência do pico cepstral suavizada)				

Fonte: elaborado pela autora (2023)

A Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* das variáveis da análise acústica a partir do *script falaalaringea* não revelou a formação de *clusters* (agrupamentos) em função dos três momentos de coletas de amostras de fala. A distribuição das variáveis revelou, com 100%% dos pesos das variáveis

representadas nos eixos 1 e 2, as influências das variáveis acústicas, conforme diagrama da Figura 2.



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Legenda: Dur=Duração da vogal sustentada; V=Dif de intensidade entre consoante plosiva vozeada e vogal; NV=Dif de intensidade entre consoante plosiva não vozeada e vogal; Média= Média de intensidade da fala espontânea; Dp= Desvio padrão da de intensidade da fala espontânea; cps= proeminência do pico cepstral suavizada .

Figura 2 Diagrama da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster*, com influência de cada uma das medidas acústicas extraídas a partir do *script falaalaringea*.

A tabela 2 apresenta o resultado das medidas acústicas, também nos três momentos do usuário, geradas pelo processamento de amostras pelo aplicativo *VoxPlot*.

Parâmetro	Momentos	Slope (dB)	Declínio (dB)	Ruído de Atat Freqüência (dB)	HNrd (dB)	H1H2 (dB)	CPPS (dB)	Jitter local (%)	Jitter ppq5 (%)	Shimmer (%)	Shimmer (dB)	HNR (dB)	PSD (ms)	Quebras vocais	CPGS	Pitch (mean, Hz)	Pitch (min, Hz)	Pitch (max, Hz)	Pitch (DP, Hz)	Extensão (st)	AV QI	AB I
Vogal Sustentada	1	-22.50	-12.75	2.98	26.25	3.01	17.81	0.36	0.22	1.98	0.18	22.16	0.08	0.00	0.96	113.02	110.80	115.57	1.02	0.73		
Fala encadeada	1	-26.57	-11.89	2.87	17.18	3.54	12.76	2.60	1.66	4.97	0.55	16.68	0.57		0.94	110.55	84.39	151.01	6.56	10.07		
Combinada	1	-23.30	-12.51	2.93	23.20	3.22	15.90	1.15	0.68	2.69	0.29	20.22	0.35		0.94						0.02	0.51
Vogal Sustentada	2	-15.51	-13.64	2.85	32.13	1.22	21.05	0.37	0.21	0.63	0.06	22.36	0.06	0.00	0.98	116.79	114.68	119.10	0.79	0.66		
Fala encadeada	2	-26.89	-12,07	2.68	16.90	2.39	12.63	1.96	1.29	6.13	0.66	15.61	0.62		0.91	107.90	77.92	259.14	13.87	20.80		
Combinada	2	-16.31	-13.42	2.71	25.65	1.71	17.30	1.05	0.53	1.65	0.24	19.70	0.55		0.98						0.078	0.02

Vogal																				
Sustentada	3	-19.19	-10.34	1.97	29.23	3.15	16.75	0.79	0.42	2.34	0.21	19.55	0.15	0.00	0.97	121.02	116.08	126.14	2.11	1.44
Fala encadeada	3	-26.75	-12.33	2.64	16.77	2.53	12.18	2.36	1.46	6.41	0.60	16.71	0.82	0.91	114.61	90.48	287.52	17.90	20.02	
Combinada	3	-21.63	-11.63	2.28	23.43	2.97	14.61	1.54	0.85	3.87	0.37	18.38	0.61	0.94						

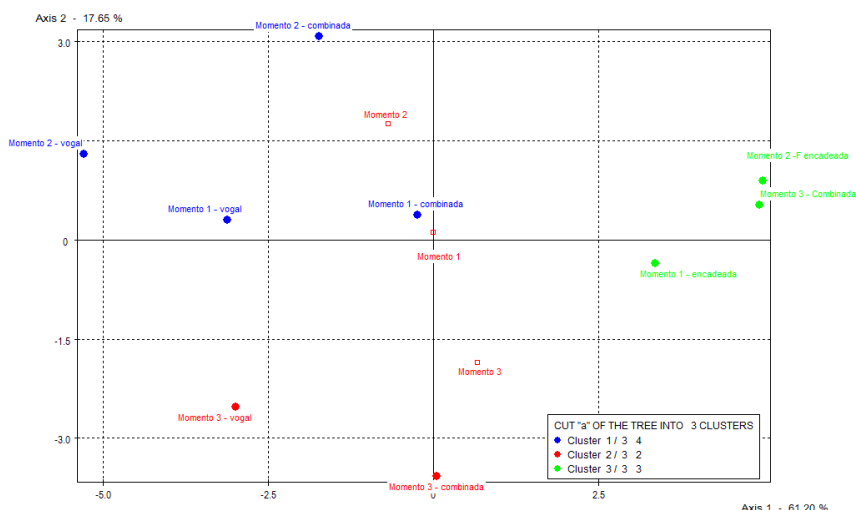
1.0 1.6
6 8

Fonte: elaborado pela autora (2023)

Tabela 2. Medidas acústicas das amostras de fala nos momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral; (2) com IC unilateral e AASI contralateral; e (3) com IC bilateral, geradas a partir da aplicação do *VoxPlot*.

As medidas multiparamétricas *AVQI* e *ABI* (destacadas na cor azul na Tabela 2) apresentam como respectivos valores de referência: <1,85 e , 3,42. mesmo ainda dentro dos limites previstos, o momento (2) revela aumento da *AVQI* e momento (3) de ambas as medidas.

A Figura 3 apresenta a nuvem de pontos gerada a partir da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* por momentos 1, 2 e 3 da análise acústica, a partir das medidas geradas pelo aplicativo *VoxPlot*, com 78,85% dos pesos das variáveis representados nos eixos 1 e 2.

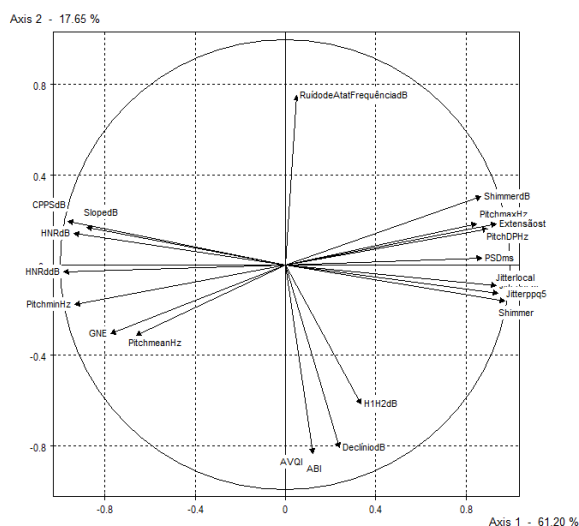


Fonte: elaborado pela autora (2023)

Figura 3. Nuvem de pontos da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* por momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral, (2) com IC unilateral e AASI contralateral, e (3) com IC bilateral das medidas acústicas extraídas a partir do aplicativo *VoxPlot*.

Da Análise Aglomerada Hierárquica de *Cluster* diferenciam-se as amostras do momento (3). Além disso, o tipo de amostra revelou influência, sendo que as análises geradas a partir do processamento de trechos de fala encadeada separam-se num *cluster*. As variáveis dos Momentos 1 e 2 revelaram-se aproximadas, com tendência a agrupamentos entre si.

A figura 4 revela o diagrama da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster*, representando os níveis de influência de cada uma das medidas acústicas extraídas a partir do aplicativo *VoxPLOT*.



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Figura 4 - Diagrama da Análise Aglomerativa Hierárquica de *Cluster* por momentos (1) pré IC e uso de AASI bilateral, (2) com IC unilateral e AASI contralateral, e (3) com IC bilateral com influência de cada uma das medidas acústicas extraídas a partir do aplicativo *VoxPLOT*.

As variáveis influentes para a segregação dos *clusters*, em ordem decrescente de influência, com respectivos valores de T, referiram-se a:

- Cluster 1*: HNR (2,31); CPPs (2,13);
- Cluster 2*: Declínio- Slope (2,11);
- Cluster 3*: ShimmerdB (2,61); Shimmer (2,51); Jitterppq5 (2,50); JitterLocal (2,47).

A distribuição das variáveis acústicas exposta no diagrama da Figura 4 reforça os agrupamentos por medidas de ruído/regularidade de atividade fonatória (HNR e CPPS); de medidas espectrais, como declínio e H1H2; e de medidas de perturbação

de frequência fundamental (variados índices em torno de *jitter* e de *shimmer*). No aplicativo em questão, *VoxPlot*, o conjunto de tais medidas serve ao cômputo das medidas multiparamétricas de *AVQI* e *ABI*, respectivamente, índice de alteração da qualidade vocal e índice de soproidade.

Interessante observar, na integração de dados das várias esferas de análises que do momento (2) ao momento (3) foram detectados AQV e EDV com maiores ocorrências/ graus de ajustes de extensão de língua, de alternâncias entre ajustes de nasal e denasal, de instabilidades laríngeas, de hiperfunção laríngea, de variações, e por vezes, diminuição da extensão e variabilidade de *pitch* e *loudness*, associadas a alteração nos índices acústicos relativos ao contraste de vozeamento e *CPPS* (por medidas do *script* falalaringea), de ligeira alteração de parâmetros do *VoxPlot*.

Tais indicativos revelam que adaptações a novas fases terapêuticas representam desafios e novos esquemas de controle dos gestos motores na ampla e complexa cadeia da fala. Neste sentido, particularmente, características típicas da “fala surda” ou “sotaque de surdo” são gradualmente suplantadas, especialmente na questão de controle de variabilidade de *pitch* e *loudness*, as quais podem impactar momentaneamente o controle laríngeo, conforme demonstrado por vários índices de perturbação, de composição espectral e de regularidade/irregularidade vibratória.

O detalhamento de componentes perceptivos e acústicos revela, portanto, potencial aplicação no acompanhamento da população com deficiência auditiva usuária de dispositivos auditivos eletroacústicos e elétricos, colaborando para a delimitação de marcos evolutivos e balizadores de terapia.

6. CONCLUSÕES

Os parâmetros perceptivoauditivos evidenciaram a relevância de AQV de corpo de língua e de denasalidade, além de EDV referentes ao *pitch* (habitual, extensão e variabilidade). Do ponto de vista acústico, medidas referentes ao contraste de vozeamento (diferença de intensidade entre consoante plosiva e vogal subsequente), de perturbação (*jitter* e *shimmer*) e de proeminência *cepstral* (*CPPS*) foram relevantes para demarcar a evolução clínica nos três momentos clínicos estudados: (1) pré IC e uso de AASI bilateral, (2) com IC unilateral e AASI contralateral, e (3) com IC bilateral.

O mapeamento de parâmetros perceptivos e acústicos permite demarcar marcos evolutivos na transição de AASI para IC unilateral e bilateral e pode, potencialmente, colaborar para a delimitação balizadores de terapia para a população com deficiência auditiva usuária de dispositivos auditivos eletroacústicos e elétricos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IMPLANTE COCLEAR INTRODUÇÃO [Internet]. Disponível em:https://forl.org.br/Content/pdf/seminarios/seminario_1.pdf
2. Scaranello CA. REABILITAÇÃO AUDITIVA PÓS IMPLANTE COCLEAR. *Medicina (Ribeirão Preto)*. 2005 Dec 30;38(3/4):273–8.
3. Grupo de Implante Coclear do Hospital das Clínicas e FMUSP [Internet]. [citado 21 jun 2023]. Disponível em: <https://www.implantecoclear.org.br/implante-coclear>
4. Medved DMS, Cavalheri LMDR, Coelho AC, Fernandes ACN, Silva EMD, Sampaio ALL. Systematic Review of Auditory Perceptual and Acoustic Characteristics of the Voice of Cochlear Implant Adult Users. *J Voice*. 2021 Nov;35(6):934.e7-934.e16. doi: 10.1016/j.jvoice.2020.02.023. Epub 2020 Apr 1. PMID: 32247544.
5. COELHO, A. C; BRASOLOTTO, A. G; BAHMAD JR, F. Development and validation of the protocol for the evaluation of voice in patients with hearing impairment (PEV-SHI). *J Otorhinolaryngol*, v. 86, n. 6, 2020.
6. Ubrig MT, Tsuji RK, Weber R, Menezes MHM, Barrichelo VMO, da Cunha MGB, Tsuji DH, Goffi-Gomez MVS. The Influence of Auditory Feedback and Vocal Rehabilitation on Prelingual Hearing-Impaired Individuals Post Cochlear Implant. *J Voice*. 2019 Nov;33(6):947.e1-947.e9. doi: 10.1016/j.jvoice.2018.07.004. Epub 2018 Aug 31. PMID: 30174224.

7. Ministerio da Saude [Internet]. bvsms.saude.gov.br. Disponível em:https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2014/prt2776_18_12_2014.html

8. Brown KD, Balkany TJ. Benefits of bilateral cochlear implantation: a review. *Vurr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 20-7; 15:315-8.

9. Glick HA, Sharma A. Cortical Neuroplasticity and Cognitive Function in Early-Stage, Mild-Moderate Hearing Loss: Evidence of Neurocognitive Benefit From Hearing Aid Use. *Front Neurosci.* 2020 Feb 18;14:93. doi: 10.3389/fnins.2020.00093. PMID: 32132893; PMCID: PMC7040174.

10. Campbell J, Sharma A. Compensatory changes in cortical resource allocation in adults with hearing loss. *Front Syst Neurosci.* 2013 Oct 25;7:71. doi: 10.3389/fnsys.2013.00071. PMID: 24478637; PMCID: PMC3905471.

11. Yüksel, M., & Gündüz, B. (2019). Long-term Average Speech Spectra of Postlingual Cochlear Implant Users. *Journal of Voice*, 33(2), 255.e19–255.e25. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.10.013>

12. CAMARGO, Z. . Prosódia e Distúrbio de Fala. In: Miguel Oliveira Jr. (Org.). *Prosódia, Prosódias: uma introdução.* 1ed.São Paulo: Contexto, 2022, v. 1, p. 185-199.

13. CAMARGO, Z.; MADUREIRA, S. Dimensões perceptivas das alterações de qualidade vocal e suas correlações aos planos da acústica e da fisiologia. *Rev. DELTA*

- Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada PUCSP, 2009. 25(2): 285-317

14. LAYER, J. The phonetic description of voice quality. Cambridge: Cambridge University Press, V.1, 1980.

15. Silva HL, Camargo Z. RESUMO ESTENDIDO [Internet]. [citado 24 abr 2023]. Disponível em: <https://www5.pucsp.br/iniciacaocientifica/31eic/anais/pdf/503.pdf>

16. Protocolo da Análise do Perfil Vocal, por John Laver (1980) Traduzido e adaptado para o Português Brasileiro por Camargo e Madureira (2008) [Internet]. Disponível em: https://www.pucsp.br/laborvox/dicas_pesquisa/downloads/VPAS.pdf

17. KENT, R.; READ, C. The Acoustic Analysis of Speech. Singular Publishing, San Diego, 1992.

18. LIEBERMAN, P.. Phonetic features and physiology: A reappraisal. Journal of Phonetics, 4, 91–112. 1976.

19. LINDBLOM, B. AND ÖHMAN, S. (Eds.) Frontiers of Speech Communication Research. Academic Press, London, 1979

20. PICKETT, J. The acoustics of speech communication. Boston: Allyn & Bacon, 1999

21. CAMARGO, Z (org). Fonética clínica [recurso eletrônico]: vinte anos de LIAAC / organizadora Zuleica Camargo - São Paulo: Do Autor, 2016. Vários colaboradores. ISBN: 978.85.8298.026-2. Projeto – Coletânea PUC-SP. Publicação dedicada aos 20 anos de trajetória do Laboratório Integrado de Análise Acústica e Cognição (LIAAC/PUC-SP).
22. CAMARGO, Z; MARCHESAN, I. Evaluación integrada del habla. In: Tratado de Evaluación de Motricidade Orofacial y areas afines. Susanibar et al. (coords) Editoria EOS, Madrid. 2014. pág p. 507-526.
23. CAMARGO, Z. Capítulo 3: A análise acústica da Fala. In: A Fala nos diversos Contextos da Motricidade Orofacial. Barretin-Felix et al. (orgs). Pulso Editorial. São José dos Campos, p41- 49, 2015.
24. CAMARGO, Z. et al. Lingual frenectomy and alveolar tap production: Na acoustic and perceptual study. Logopedics Phoniatrics Vocology. 2013;38(4):157-166.
25. CAMARGO, Z. ; CANTON, P. C. . Qualidade vocal de crianças com alteração de frênulo da língua. Joss Journal Of Speech Science, v. 8, p. 15-26-26, 2019
26. CAMARGO, Z.; MADUREIRA, S. Dimensões perceptivas das alterações de qualidade vocal e suas correlações aos planos da acústica e da fisiologia. DELTA, v.25

27. Barbosa PA, Madureira S. Manual de fonética acústica experimental. Cortez Editora; 2023.
28. Camargo, Z. Capítulo 8. Fonética clínica [recurso eletrônico]: Interações. - São Paulo: Do Autor, 2022. Acesso em 2 de abr de 2023. Disponível em <http://cienciaaberta.org/download/coletanea-fonetica-clinica-interacoes/>
29. CÔRTEZ GAMA, ANA CRISTINA ; Camargo, Zuleica ; CAMARGO, Z. ; ROCHA SANTOS, MARCO AURÉLIO ; CARLOS RUSILO, LUIZ . Discriminant Capacity of Acoustic, Perceptual, and Vocal Self: The Effects of Vocal Demands. *Journal of Voice*, v. 29, p. 260.e45-260.e50, 2015.
30. Pessoa, AN. Correlatos perceptivos e acústicos de qualidade e dinâmica vocal na fala de crianças usuárias de implante cóclea [Internet]. 2012 [citado 20 Nov2023]. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/bitstream/handle/13607/1/Aline%20Neves%20Pessoa.pdf>
31. Camargo ZA. [Internet]. ANÁLISE DA QUALIDADE VOCAL DE UM GRUPO DE INDIVÍDUOS DISFÔNICOS: uma abordagem interpretativa e integrada de dados de natureza acústica, perceptiva e eletroglotográfica. 2002. [citado 20 Nov 2023]. Disponível em: https://www5.pucsp.br/liaac/download/t_tese_zuleica_antonia_camargo_2002_s m.df
32. Marusso AS. Princípios básicos da teoria acústica de produção da fala. *Revista de Estudos da Linguagem*. 30 Jun 2015;13(1).

33. Coelho AC de C, Bevilacqua MC, Oliveira G, Behlau M. Relação entre voz e percepção de fala em crianças com implante coclear. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 2009 Mar;21(1):7–12.
34. Fabron EMG, Garcia YS, Delgado-Pinheiro EMC. A voz do deficiente auditivo:revisão bibliográfica. *Distúrbios da Comunicação*. 27 Mar 2017;29(1):55.
35. 17. Bernal SC. Comparações entre o desempenho auditivo de usuários de implante coclear unilateral e bilateral [Internet]. www.teses.usp.br. 2020 [citado 20 Nov 2023].Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/17/17152/tde-20052020-091536/pt-br.php>
36. PROTOCOLO -CONSENSO DA AVALIAÇÃO PERCEPTIVO AUDITIVA A VOZ (CAPE-V) -ASHA 2003, SID3 [Internet]. Available from: https://www.pucsp.br/laborvox/dicas_pesquisa/downloads/CAPEV.pdf
37. Cienciaaberta.org. 2023 [citado 12 Ago 2023]. Disponível em:<https://cienciaaberta.org/ferramentas/>
38. Voxplot [Internet]. Lingphon.com. 2016. Disponível em: <https://voxplot.lingphon.com/en/>
39. Boersma P, Weenink D. Praat: doing Phonetics by Computer [Internet]. 2023.Available from: <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

40. Sebastian, S., Sreedevi, N., Lepcha, A., & Mathew, J. (2015). Nasalance in Cochlear Implantees. *Clinical and experimental otorhinolaryngology*, 8(3), 202–205. <https://doi.org/10.3342/ceo.2015.8.3.202>
41. Santos, A. R. d. S., Batista, N. G. L., Silva, D. B. d., Sampaio, A. L. L., Medved, D. M. d. S., & Coelho, A. C. (2019). Voice symptoms and handicap in adults with cochlear implants. *Revista CEFAC*, 21(2). <https://doi.org/10.1590/1982-0216/201921215118>
42. PESSOA-ALMEIDA, A.; CAMARGO, Z. Prosódia e tecnologia em idosos usuários de Implante coclear: a qualidade vocal por meio do modelo fonético na interface percepção e produção de fala. *Prosódia e tecnologia em idosos usuários de Implante coclear: a qualidade vocal por meio do modelo fonético na interface percepção e produção de fala*. 1ed.: Pulso ed, 2022, v., p. 112-130.
43. Evans, M. K., & Deliyski, D. D. (2007). Acoustic Voice Analysis of Prelingually Deaf Adults Before and After Cochlear Implantation. *Journal of Voice*, 21(6), 669–682. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2006.07.005>
44. Cysneiros, H. R. S., Leal, M. d. C., Lucena, J. A., & Muniz, L. F. (2016). Relação entre percepção auditiva e produção vocal em implantados cocleares: uma revisão sistemática. *CoDAS*, 28(5), 634–639. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20162015165>

45. Tatiana Melo, Maria Cecília Bevilacqua, Liege Tanamati. RESULTS OF BILATERAL COCHLEAR IMPLANTS IN CHILDREN AND ADULTS: LITERATURE REVIEW. *Distúrb Comun, São Paulo*, 25(2): 267-276, agosto, 2013