

Recurso Tecnológico Aplicado ao Diagnóstico dos Distúrbios da Ressonância da Fala:

Nasometria

Viviane Cristina De Castro Marino

Vanessa Moraes Cardoso

Jenifer De Cássia Rillo Dutka

Como citar: MARINO, V. C. D. C. M.; CARDOSO, V. M.; DUTKA, J. D. C. R. Recurso Tecnológico Aplicado ao Diagnóstico dos Distúrbios da Ressonância da Fala: Nasometria. *In*: GIACHETI, C. M. (org.). **Avaliação da fala e da linguagem** : perspectivas interdisciplinares. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. p.171-190. DOI: <https://doi.org/10.36311/2016.978-85-7983-782-1.p171-190>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

RECURSO TECNOLÓGICO APLICADO AO DIAGNÓSTICO DOS DISTÚRBIOS DA RESSONÂNCIA DA FALA: NASOMETRIA

Viviane Cristina de Castro MARINO

Vanessa Moraes CARDOSO

Jeniffer de Cássia RILLO DUTKA

INTRODUÇÃO

A fala implica na produção de sons com significado linguístico e pode ser entendida como um sistema de som que é utilizado para expressar a linguagem¹. Quando exposta à determinada língua, o falante deve aprender a produzir os sons de seu sistema linguístico para uma comunicação produtiva. Do ponto de vista anatômico e fisiológico, a produção da fala envolve a integração dos vários subsistemas: respiratório, fonatório, articulatório e ressonatório. O acometimento de um subsistema pode desfavorecer os demais¹.

Ao produzir a fala, movimentos articulatorios e ressonância de ondas acústicas geradas na glote ocorrem no trato vocal. A configuração do trato vocal assumida pelos articuladores - paredes faríngeas, palato mole e duro, lábio língua e mandíbula - possibilitará ajustes no comprimento e no formato das cavidades de ressonância, que reforçarão certas regiões de frequência. Neste sentido, pode-se dizer que articulação e ressonância estão intimamente relacionados¹. Particularmente, a energia sonora gerada pela vibração das pregas vogais é direcionada superiormente no trato vocal e vibrará pelas cavidades de ressonância, iniciando pela cavidade faríngea e, em seguida, incluindo a cavidade oral e/ou nasal. A energia sonora re-

sultante da vibração da energia sonora por essas cavidades adicionará a qualidade de ressonância da fala².

O mecanismo velofaríngeo é essencial para a produção da fala com ressonância apropriada, porque é responsável por regular e direcionar a energia acústica e o fluxo de ar para as cavidades apropriadas (oral ou nasal). Durante a produção de sons orais, o mecanismo velofaríngeo fecha e, conseqüentemente, bloqueia a passagem da energia sonora para a cavidade nasal. Tal bloqueio permite que a energia sonora gerada na glote e pressão do ar seja transmitida exclusivamente para a cavidade oral. Durante a produção dos sons nasais, o mecanismo velofaríngeo se abre e permite que a cavidade nasal se acople às cavidades oral e faríngea, dividindo a energia acústica entre estas cavidades².

O relativo equilíbrio da vibração da energia sonora do som nas cavidades oral, nasal ou nasofaríngea determinará se a qualidade da fala será percebida como normal ou alterada. Qualquer condição que impeça a transmissão apropriada do som pelas cavidades do trato vocal ou, ainda, o equilíbrio oronasal nas cavidades resultará em um distúrbio de ressonância². Distúrbios de ressonância podem ocorrer devido às condições patológicas nasais/nasofaríngeas (adenóide hipertrófica, por exemplo) ou por alterações na função velofaríngea (fissura labiopalatina, câncer de cabeça e pescoço, doenças neuromotoras, deficiência auditiva)². O impacto dessas alterações para o ouvinte é a ocorrência da diminuição (hiponasalidade) ou excesso (hipernasalidade) de nasalidade da fala, nos casos de patologias nasais ou de alterações na função velofaríngea, respectivamente.

Os distúrbios de ressonância são clinicamente diagnosticados pelo profissional fonoaudiólogo, por meio de avaliação perceptivo-auditiva. O diagnóstico clínico pode ser corroborado com medidas instrumentais, incluindo a nasometria. O nasômetro é um sistema baseado em um computador que permite ao clínico determinar a quantidade relativa de energia oral e nasal na fala de um indivíduo, estabelecendo um índice da nasalidade de fala denominado nasalância. A medida de nasalância tem sido usada para documentar o equilíbrio oronasal em inúmeras populações clínicas.

Este capítulo apresenta a nasometria como um recurso instrumental que pode corroborar a avaliação perceptivo-auditiva dos distúrbios

de ressonância. Contribuições e limitações da nasometria pesquisa e na prática clínica são discutidas.

RESSONÂNCIA NORMAL DE FALA E MECANISMO VELOFARÍNGEO

Ressonância é considerada um atributo complexo da fala. Do ponto de vista acústico, a distribuição apropriada da energia sonora gerada na glote para o trato vocal supralaríngeo é necessária para a produção de determinados sons da fala. Particularmente, a distribuição da energia para a cavidade oral ou nasal depende da completa separação das cavidades oral e nasal. Do ponto de vista fisiológico, tal separação é função do mecanismo velofaríngeo (MVF), constituído pelo palato mole e pelas paredes laterais e posterior da faringe.

O MVF requer a ação coordenada de vários músculos pares envolvidos na fala, bem como inervação motora e sensorial adequada. Durante a produção dos sons orais da fala, o véu move para cima e para trás em direção à parede posterior da faringe, a fim de fechar firmemente o véu contra a parede posterior da faringe (ou das adenoides, no caso de crianças). Ao mesmo tempo, as paredes laterais da faringe se movem em direção à linha média, e a parede posterior da faringe se move anteriormente². Os padrões de fechamento velofaríngeo podem variar entre os indivíduos (coronal, sagital, circular e circular com prega de Passavant), mas, independentemente do tipo do padrão de fechamento, o completo fechamento da válvula velofaríngea é necessário para a produção dos sons orais, enquanto sua abertura é necessária durante a produção de sons nasais³. O funcionamento adequado do MVF é essencial para que a energia sonora seja direcionada para as cavidades oral e nasal de forma apropriada, dependendo do som da fala a ser produzido.

O termo ressonância é atribuído por Peterson-Falzone, Hardim-Jones e Karnnel⁴ para descrever os atributos acústicos e perceptuais da fala. Os autores argumentam que não existe um termo que seja completamente aceito para identificar os aspectos perceptivos do sinal da fala, já que os mesmos variam e estão na dependência das condições de ressonância do trato vocal. Por esta razão, dão preferência ao uso do termo “ressonância” de fala. O termo ressonância foi discutido por Boer e Bressmann⁵, que

apontaram uma distinção atribuída a este conceito, conforme entendimento de cientistas da fala e fonoaudiólogos clínicos. Segundo os autores⁵, enquanto para as ciências da fala o termo ressonância é empregado para a frequência de resposta do trato vocal ao sinal da fonte glótica, fonoaudiólogos usam o termo distúrbio de ressonância fundamentalmente para indicar o não equilíbrio da ressonância oronasal na fala. Neste sentido, os distúrbios de ressonância que podem ser encontrados incluem a hipernasalidade, hiponasalidade, a ressonância cul-de-sac e a ressonância mista⁵. Estes tipos de distúrbios de ressonância serão apresentados na próxima seção deste capítulo.

Kummer³ atribui o conceito de ressonância à qualidade da fala, que resulta da vibração do som nas cavidades de ressonância do trato vocal. A autora comenta que o balanço relativo da vibração do som nestas cavidades determinará como a qualidade da voz [e da fala] será percebida pelo ouvinte. Acrescenta, ainda, que, embora o termo ressonância contribua para a “qualidade da voz” como um todo, a hipernasalidade e outros distúrbios de ressonância não são de origem laríngea, já que resultam da vibração anormal da energia sonora produzida na fonte glótica nas cavidades do trato vocal. Neste sentido, propõe que as alterações na fala sejam identificadas como “distúrbios de ressonância” ao invés de distúrbios de voz. Henningsson et al.⁶ também distinguem o distúrbio da voz do distúrbio de ressonância da fala, atribuindo o primeiro às alterações estruturais e/ou funcionais no nível da laringe e o segundo às alterações supralaríngeas de natureza estrutural ou funcional.

O termo nasalidade de fala é atribuído para a percepção que o ouvinte tem sobre o grau de ressonância na fala de um sujeito. De acordo com Sweeney⁷, nasalidade se refere à percepção que o ouvinte tem da ressonância nasal que ocorre durante a produção de unidades multisegmentais resultante do acoplamento das cavidades de ressonância oral e nasal. No Português Brasileiro, tipicamente ocorre em consoantes nasais e vogais nasalizadas. Neste sentido, nasalidade é considerada um tipo de ressonância presente na produção normal da fala e pode ser definida como o equilíbrio entre ressonância oral e nasal⁷. Alguns autores acrescentam que existe um faixa de aceitabilidade, por parte do ouvinte, para a ressonância nasal de fala, sendo esta percebida em um contínuo⁴. Em condições patológicas, os

distúrbios de ressonância podem estar associados a causas diversas (fissura labiopalatina, disfunção velofaríngea, obstrução nasal), resultando em alterações na nasalidade de fala⁷.

RESSONÂNCIA DE FALA ALTERADA

O distúrbio de ressonância pode ser resultante de qualquer fator que impeça a transmissão da energia sonora ou que afete o equilíbrio da ressonância oronasal³. O distúrbio de ressonância pode ser decorrente tanto de alterações das habilidades de fechamento e abertura do mecanismo velofaríngeo durante a fala quanto de dificuldades para transmissão da energia sonora para as cavidades de ressonância³⁻⁴. Os tipos de distúrbios de ressonância estão na dependência do funcionamento do MVF, do tamanho e da forma das cavidades de ressonância e da presença de bloqueio no trato vocal³. Os distúrbios de ressonância na fala, comumente identificados pelo fonoaudiólogo, incluem a hipernasalidade, hiponasalidade, ressonância cul de sac e ressonância mista^{2,7}. O grau e a consistência destes distúrbios podem variar⁷.

A hipernasalidade ocorre quando há excesso de ressonância nasal durante a produção da fala oral em decorrência do acoplamento anormal das cavidades de ressonância. Auditivamente, a fala é percebida como nasal durante a produção de sons vozeados, em especial as vogais, por terem duração mais longa². Dentre as alterações estruturais que resultam em hipernasalidade destacam-se: o palato com tecido curto para realizar o fechamento velofaríngeo após a correção cirúrgica primária do palato; e a fissura fístula oronasal grande (uma abertura no palato após o fechamento cirúrgico da fissura palatina²). Outras possíveis causas estruturais da hipernasalidade incluem palato curto congênito ou faringe mais ampla e profunda⁸, que podem ocorrer de forma isolada ou associada às síndromes⁷. Tumores na cavidade oral (hemangioma em crianças ou tumores malignos em adultos) comumente necessitam de ressecção cirúrgica, e ressecções na cavidade oral podem afetar a integridade da separação das cavidades oral e nasal e o funcionamento velofaríngeo, resultando em hipernasalidade². A remoção cirúrgica da adenoide (adenoidectomia) em pacientes com histórico de fissura palatina pode resultar em uma maior distância entre

palato e parede posterior da faringe, comprometendo o fechamento velofaríngeo e, conseqüentemente, causando hipernasalidade de fala². Além das alterações estruturais, alterações neurofisiológicas que envolvem pobre movimentação das estruturas velofaríngeas podem resultar em hipernasalidade de fala. Doenças neuromusculares (distrofia miotônica do tipo I, miastenia grave, por exemplo), lesões neurológicas (traumatismo craniano, paralisia cerebral, por exemplo) e lesões nos nervos cranianos (NC IX, glossofaríngeo, NC V vago e NC XII, hipoglosso) podem comprometer a movimentação das estruturas velofaríngeas e resultar em hipernasalidade^{2,7}.

Erros de aprendizado no funcionamento velofaríngeo também podem resultar em hipernasalidade, combinados ou não às alterações estruturais e neurofisiológicas. Por exemplo: em pacientes com deficiência auditiva severa, em que o monitoramento auditivo durante a produção da fala é comprometido, pode haver dificuldade no estabelecimento da abertura ou fechamento velofaríngeo apropriado para a produção nasal ou oral dos sons da fala, respectivamente. Como consequência, podem ocorrer hipernasalidade, hiponasalidade ou ambos³. O erro de aprendizado pode ser também encontrado em indivíduos que tiveram a insuficiência velofaríngea corrigida por meio de prótese de palato, mas que apresentam velofarínge hipodinâmica⁹. Nestes casos, mesmo após a correção da alteração estrutural da insuficiência velofaríngea, a produção de fala pode ocorrer sem envolvimento adequado do mecanismo velofaríngeo. Vale ressaltar que os erros de aprendizagem requerem terapia fonoaudiológica para sua remediação.

A hiponasalidade refere-se à redução da ressonância nasal durante a produção dos sons nasais em decorrência de obstrução parcial nasofaríngea ou redução do tamanho da área velofaríngea e/ou das cavidades nasais^{2,7}. De forma geral, o indivíduo é percebido auditivamente como obstruído². Já o termo denasalidade refere-se à ressonância anormal devido ao bloqueio total das vias aéreas^{4,2}. Considerando-se que é impossível identificar se há bloqueio total da cavidade nasal por meio da avaliação perceptiva, o termo hiponasalidade é empregado de forma geral². A hiponasalidade afeta as consoantes nasais e, quando severa, pode afetar a qualidade das vogais, uma vez que todas as vogais, especialmente as mais altas, têm um pouco de ressonância nasal causada pela transmissão transpalatal. De for-

ma geral, a hiponasalidade é quase sempre causada por uma obstrução na nasofaringe ou na cavidade nasal e requer tratamento medicamentoso ou cirúrgico. Dentre as causas da hiponasalidade destacam-se: hipertrofia de adenoide, hipertrofia de tonsila adentrando a região faríngea, estenose ou atresia de coanas, desvio de septo, retalho faríngeo obstrutivo após correção cirúrgica da insuficiência velofaríngea ou retrusão da maxila restringindo o espaço da cavidade faríngea².

A ressonância cul-de-sac ocorre quando a energia acústica é direcionada para o trato vocal, mas é “presa” em uma cavidade de fundo cego devido à presença de uma obstrução, produzindo uma qualidade abafada^{2,4}. A localização da obstrução determina se a ressonância cul-de-sac é qualificada como oral (por exemplo, resultante de microstomia, em que há uma limitação para a abertura da cavidade oral), nasal (resultante de obstrução anterior - narinas estenóticas ou no desvio de septo- em pacientes com insuficiência velofaríngea), ou faríngea, quando a maior parte do som permanece na orofaringe durante a fala em decorrência, por exemplo, do aumento das amígdalas, que, ao bloquear o som na orofaringe, dificulta a passagem do som pela cavidade oral². Conforme apontado na literatura, auditivamente existe uma diferença sutil entre hiponasalidade e ressonância cul-de-sac⁷. Considerando que o bloqueio de uma das cavidades de ressonância associado à ressonância cul-de sac é de origem estrutural, a intervenção é medicamentosa ou cirúrgica².

A ressonância mista é considerada pela literatura quando há a combinação da hipernasalidade, hiponasalidade e ressonância cul de sac². Segundo a literatura, a hipernasalidade e hiponasalidade não podem ocorrer simultaneamente, mas podem ocorrer em diferentes momentos durante a fala encadeada de um mesmo falante². Por exemplo: quando coexiste uma insuficiência de tecido para o funcionamento velofaríngeo adequado (palato curto) e um bloqueio na faringe, impedindo que a energia sonora seja direcionada para a cavidade nasal (adenoides aumentadas, por exemplo), pode-se ouvir a presença de hipernasalidade durante sons orais e hiponasalidade durante a produção das consoantes nasais². A apraxia de fala também pode resultar em ressonância mista em decorrência da dificuldade do indivíduo em coordenar a atividade velofaríngea apropriada durante a produção dos sons orais ou nasais².

A identificação e a classificação dos distúrbios de ressonância são de responsabilidade do fonoaudiólogo, enquanto o diagnóstico da etiologia desses distúrbios requer participação de vários profissionais, como, por exemplo, o otorrinolaringologista, o cirurgião plástico, o neurologista, dentre outros.

AVALIAÇÃO DOS DISTÚRBIOS DE RESSONÂNCIA

A avaliação perceptivo-auditiva realizada por profissional treinado é considerada padrão ouro para avaliar os distúrbios de ressonância^{10,11}. No entanto, a percepção da nasalidade de fala excessiva ou diminuída nem sempre é facilmente obtida, além de ser subjetiva e apresentar confiabilidade baixa¹¹. A falta de concordância nos julgamentos da nasalidade de fala é atribuída, pelo menos em parte, aos aspectos metodológicos envolvidos em sua avaliação¹², incluindo escalas perceptivas utilizadas, inexperiência do avaliador e estímulos de fala selecionados.

A avaliação clínica dos distúrbios de ressonância é comumente corroborada com medidas instrumentais. O uso da avaliação instrumental pode fornecer maior sistematicidade e/ou objetividade no diagnóstico dos distúrbios de ressonância da fala¹³. Medidas acústicas da ressonância da fala e, em particular, a nasometria são utilizadas para corroborar os julgamentos perceptivos da nasalidade de fala. A nasometria é um método computadorizado que permite medir o correlato acústico da nasalidade de fala (nasalância) por meio de instrumentos como o Nasômetro^{8,14}. Por ser um método não invasivo, a nasometria vem sendo amplamente empregada nos EUA e em outros países para fins clínicos e de pesquisa¹⁵.

AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL: NASOMETRIA

Em 1970, o primeiro instrumento eletrônico capaz de medir o sinal acústico oral e nasal e calcular um escore que representa a razão entre o sinal acústico oral e nasal da fala foi descrito. Este instrumento, nomeado de Tonar - *The Oral Nasal Acoustic Ratio* – operava na fala de frequência entre 350 Hz e 650 Hz¹⁶. Previamente à criação do Tonar, os distúrbios de ressonância somente eram avaliados clinicamente pelas impressões subjetivas

vas de fonoaudiólogos clínicos do aspecto da nasalidade de fala. O Tonar, com seus princípios de tecnologia eletrônica, permitiu a obtenção de medidas mais precisas, quantitativas e objetivas da nasalidade de fala relacionada aos distúrbios de ressonância.

Em 1976, o *Tonar II*, foi disponibilizado comercialmente e, neste sistema, uma equação foi introduzida para calcular a nasalância (razão da energia acústica nasal pela soma da energia acústica oral e nasal, multiplicada por 100). Ao multiplicar a razão da energia acústica obtida por 100 obtém-se um escore, em porcentagem, denominado nasalância¹⁶. Três vantagens foram apresentadas em relação à fórmula introduzida no Tonar II: 1) a comparação entre o produto nasal e a combinação do produto oral e nasal oferecida pelo Tonar II parece assemelhar-se às impressões intuitivas dos ouvintes ao processar o sinal nasal da fala, discernindo o grau de nasalidade da fala; 2) o estabelecimento de limites absolutos em cada extremo da nasalância em seu contínuo, gerando escores com limites mínimos para sons desprovidos de sons nasais e escores com limites máximos para sons exclusivamente nasais; 3) o escore, por ser apresentado em porcentagem, permite que o avaliador e o paciente tenham, de imediato, o resultado do aspecto de fala avaliado¹⁶. Segundo sumarizado na literatura⁸, embora o Tonar I e Tonar II tenham sido os primeiros instrumentos capazes de fornecer informações objetivas sobre o produto acústico da fala, os mesmos apresentaram limitações em relação à orientação da placa e a face do indivíduo, o que possivelmente comprometia os dados obtidos. Tais limitações levaram Fletcher, Adams e McCutcheon¹⁶, em 1989, a desenvolver uma nova geração de instrumento: o Nasômetro.

NASÔMETRO

VERSÕES DO EQUIPAMENTO

A partir de 1986, a empresa *KayElemetrics Corp.* disponibilizou no mercado o Nasômetro, um instrumento com base nos princípios do Tonar II, porém redesenhado, usando avanços tecnológicos no módulo eletrônico. A forma mais comum de o clínico determinar a nasalância é por meio do nasômetro, sendo ela, possivelmente, a medida objetiva mais amplamente empregada que se relaciona com a nasalidade da fala¹⁷. Uma

das grandes vantagens em obter esta medida, por meio do Nasômetro, é sua relativa fácil aplicação e seu carácter não invasivo¹⁵.

Diferentes gerações do nasômetro são reportadas na literatura, tendo cada uma delas métodos distintos de processamento do sinal¹⁸. O Nasômetro 6200 (KayElemetrics Corporation, Lincoln Park,NJ), introduzido inicialmente em 1986, representa o modelo original do equipamento e é fonte de muitos achados de nasalância da fala normal e patológica encontrados para sujeitos com fala normal e em populações clínicas distintas¹⁵. O Nasômetro 6200 converte níveis de pressão sonora em corrente direta e envia os dados para o computador, sendo que no Nasômetro 6200 não é possível a gravação áudio simultaneamente à captura dos sinais. Esta versão do equipamento opera na banda de frequência de 500 Hz, sendo os sinais transmitidos para filtros de banda passa baixo (frequência central de corte = 500 Hz; - 3 dB largura de banda de 300 Hz) para capturar a região de frequência mais baixa do espectro da fala, que é característica da nasalidade¹⁷. O Nasômetro II 6400 (KayElemetrics/PENTAX, Lincoln Park, NJ) veio substituir a versão anterior do equipamento e incorporou mudanças em relação à versão original, conforme detalhado na literatura¹⁵. Esta segunda geração do nasômetro, distribuída em 2003, faz uso de um pré-amplificador juntamente com uma placa de som específica no computador¹⁸, operando na mesma banda de frequência da versão anterior¹⁵. O modelo mais atual do nasômetro (Nasômetro II 6450) foi introduzido no mercado em 2009, trazendo novas mudanças na aquisição do sinal¹⁸. Vale ressaltar que o corte no sinal áudio no equipamento Nasômetro resultante do sistema de filtragem das frequências acima de 500Hz favorece julgamentos perceptivos. Por este motivo, aconselha-se realizar gravação áudio simultânea para avaliações perceptivas.

Diferenças na aquisição do sinal foram reportadas para versões distintas do nasômetro¹⁷, levando autores a advertirem clínicos e pesquisadores para uma possível não equivalência nos achados obtidos entre os equipamentos Nasômetro II 6400 e Nasômetro 6200, recomendando cautela na interpretação dos dados encontrados nestes sistemas¹⁷. Diferenças de dois pontos são previstas pelo fabricante para diferentes versões do Nasômetro. Um estudo reportou diferenças nos escores de nasalância entre os equipamentos Nasômetro II 6450 e Nasômetro 6200 entre 1-2 pontos¹⁸.

EQUIPAMENTO E AQUISIÇÃO DOS SINAIS ACÚSTICOS

No nasômetro, os níveis de pressão sonora oral e nasal do sinal acústico da fala são captados por dois microfones separados por uma placa de metal. O microfone nasal é posicionado superiormente e o microfone oral é posicionado inferiormente à placa separadora de som. Esta placa oferece, aproximadamente, 25dB de separação entre o sinal oral e nasal. A placa deve ser posicionada entre o nariz e o lábio superior do sujeito avaliado⁸, e um capacete mantém a placa em posição durante a avaliação (Figura 1). Vale ressaltar que, previamente à captação da energia da fala de um sujeito, é necessário calibrar o equipamento, seguindo as recomendações disponibilizadas no manual do equipamento⁸, a fim de garantir que o dado coletado e a análise posterior sejam acurados (Figura 2).

Durante a produção da fala, os microfones captam a energia acústica da cavidade oral e da cavidade nasal, simultaneamente. O sinal captado por cada um dos microfones é filtrado e digitalizado por módulos eletrônicos (Figura 2) e analisado em um computador por um software específico, sendo o resultado apresentado em tempo real na tela do computador (Figura 3).



Figura 1 - Placa separadora de som (microfones oral e nasal) posicionada

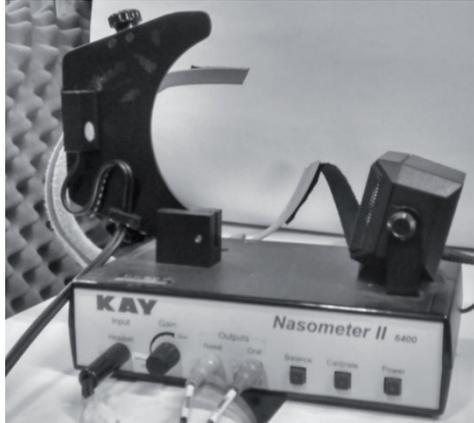


Figura 2 - Placa separadora posicionada no módulo do Nasômetro II 6400 (calibração)

Mais especificamente, ao produzir a fala durante a leitura ou a repetição de um texto, o sinal da fala é capturado pelos microfones do nasômetro e o programa computa a razão da energia acústica nasal pela energia total (soma da energia oral e nasal). O software converte, então, esta razão em porcentagem, ao multiplicá-la por 100. A seguinte fórmula representa como o escore de nasalância é obtido: $\text{Nasalância} = N \div (N + O) \times 100^8$. O valor expresso em porcentagem (escore de nasalância) é apresentado na tela do computador (Figura 3). Note-se que os valores apresentados na tela do computador referem-se à média, valor máximo e valor mínimo de nasalância.

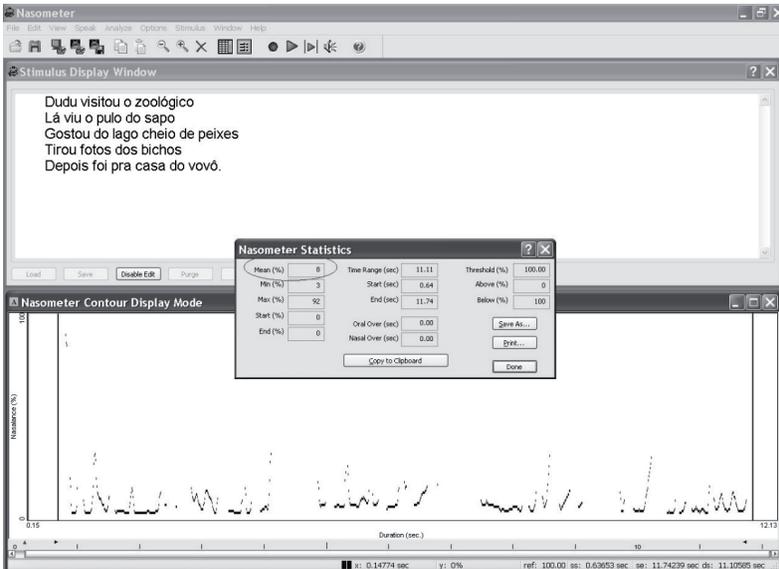


Figura 3 - Representação numérica (média, valor máximo e mínimo) e gráfica (nasograma) da análise do texto oral durante cálculo dos valores de nasalância

Além dos valores de nasalância (expressos em porcentagem) para um determinado estímulo de fala (texto, por exemplo), o equipamento nasômetro ainda dispõe de outro registro (em barras ou linhas) na tela do computador denominado nasograma, representando a nasalância obtida (Figura 3). Este registro mostra pontos individuais e em sequência, conforme eles são coletados durante a produção do estímulo (texto). A configuração do nasograma pode ser útil e colaborar no entendimento dos resultados obtidos, já que permitem visualizar a nasalância obtida sequencialmente durante a produção de um determinado estímulo de fala⁸.

Em termos percentuais, para a fala normal e durante a produção de sons orais, os valores de nasalância variam entre 10 e 30% do nível de base (baseline), enquanto durante a produção de sons predominantemente nasal estes valores estão, em média, entre 45 e 65% deste nível^{8,19}. É importante notar que durante a produção dos sons orais a energia acústica atravessa os tecidos ósseos e musculares, mesmo na presença de fechamento velofaríngeo. A placa separadora de som não é capaz de bloquear total-

mente o sinal recebido da boca em relação aos sinais emitidos pelo nariz, resultando nesta passagem de energia de um lado para o outro. Outro aspecto que poderia justificar nasalância registrada durante a fala oral é o fato de que, mesmo para falantes sem alterações de fala, existe leve ressonância nasal durante a produção das vogais⁸. Na fala patológica, quando há excesso de ressonância nasal, os valores de nasalância para a estímulos de fala desprovidos de sons nasais são mais altos que os estabelecidos para a fala normal e sugerem hipernasalidade. Por outro lado, quando há falta de ressonância nasal, os valores de nasalância obtidos para estímulos de fala predominantemente nasais são inferiores aos estabelecidos para a fala normal e sugerem hiponasalidade⁸.

ESTÍMULOS DE FALA

Os valores de nasalância são obtidos solicitando ao paciente que leia ou repita (no caso de crianças pequenas) um texto padronizado, sentenças ou sílabas. Conforme sumarizado por Kummer⁸ e Mayo e Mayo¹⁵, no inglês norte-americano, o texto “Zoo Passage” - constituído somente por sons orais - é utilizado para inferir se há fechamento velofaríngeo e se o mesmo é mantido durante a fala encadeada. Quando isso não ocorre, o ouvinte percebe a fala como hipernasal neste estímulo de fala¹⁵. Sentenças nasais, constituídas predominantemente por consoantes nasais (35% dos sons são nasais), são usadas para favorecer a identificação de obstrução nasal ou nasofaríngea que reduz a transmissão da energia acústica pela cavidade nasal. Quando há presença de tal obstrução, o ouvinte identifica a presença de hiponasalidade neste estímulo de fala¹⁵. O texto Rainbow, um estímulo com distribuição balanceada de sons orais e nasais (11,5% dos fonemas nesta passagem são consoantes nasais), é utilizado para verificar o aspecto temporal do fechamento velofaríngeo. Quando há alterações no aspecto temporal do fechamento velofaríngeo, a fala é percebida pelo ouvinte como hipernasal, com assimilação da nasalidade ou como ambos (hipernasalidade-hiponasalidade)¹⁵.

Outras línguas, incluindo o Português Brasileiro (PB), desenvolveram estímulos de fala similares aos utilizados no inglês-americano. Trindade, Genaro e Dalston (1997)¹⁹ desenvolveram conjunto de frases e foram os primeiros autores a estabelecer valores normativos de nasalância

para falantes do PB. Esses estímulos incluem o estímulo oral ZOO-BR, o estímulo oral alternativo ZOO2-BR constituído por consoantes de baixa pressão, as sentenças nasais NASAL-BR (constituídas por consoantes nasais) e o estímulo nasal alternativo NASAL2-BR desprovido de consoantes de alta pressão. Um estímulo representando distribuição balanceada de sons orais e nasais, para ser utilizado no PB, como o *Rainbow Passage*, não foi apresentado pelos autores. Outros autores²⁰ sugeriram o uso do vocábulo “papai”; no entanto este estímulo de fala apresenta limitações: pode ser somente utilizado para avaliar hipernasalidade e, por ter extensão curta, pode ter baixo critério de validade. Alguns autores recomendam o uso de estímulos de fala constituídos por, pelo menos, seis sílabas²¹.

Conforme apontado por Marino et al.²², os textos padronizados apresentados para o inglês norte-americano e para o PB por Trindade, Genaro e Dalston (1997)¹⁹ foram utilizados para estabelecer valores normativos de nasalância e são amplamente utilizados para fins clínicos com pacientes mais velhos e com boa leitura. Para o inglês americano, estímulos de fala mais curtos foram desenvolvidos por Mackay e Kummer²³ para serem utilizados com crianças pequenas. O SNAP Test (*Simplified Nasometric Assessment Procedure*), por exemplo, consiste de um conjunto de estímulos mais curtos (incluindo repetição de sílabas) que é repetido pela criança, após sua apresentação pelo avaliador. Outros textos alternativos (*Turtle* e *Mouse*) foram desenvolvidos para serem utilizados com crianças²⁴. Estímulos de fala mais curtos e com sentenças menos complexas foram recentemente desenvolvidos para o PB e valores normativos para estes textos foram obtidos²². Espera-se que esses textos possam ser utilizados por crianças e até mesmo por adultos com dificuldade de leitura, favorecendo a obtenção dos valores de nasalância para essas populações.

VALORES NORMATIVOS DE NASALÂNCIA

Valores normativos de nasalância devem ser estabelecidos para uma determinada população, a fim de possibilitar a comparação dos resultados obtidos na clínica para um indivíduo que está sendo avaliado com os valores estabelecidos para a língua falada por ele. Valores normativos de nasalância foram obtidos para muitas línguas no mundo, incluindo o

PB^{19,20,22}. Os primeiros estudos envolvendo o PB visaram à normatização dos valores de nasalância para a população sem distúrbios de ressonância¹⁹ e a obtenção dos limites para a normalidade²⁵ da nasalância, já que tais valores são descritos na literatura com dependentes da língua e do dialeto¹⁵. Conforme apontado na literatura⁸, quando os valores de nasalância do indivíduo que está sendo avaliado é comparado com dados normativos de sua língua, pode-se realizar um julgamento em relação ao aspecto da ressonância. Neste sentido, valores de nasalância mais altos do que os normativos sugerem hipernasalidade enquanto valores de nasalância inferiores aos normativos sugerem hiponasalidade. Vale ressaltar que o nível de nasalância varia de acordo com a vogal produzida, sendo que valores mais altos de nasalância são esperados para vogais altas e valores mais baixos de nasalância são esperados para vogais baixas⁸.

Além do efeito da língua e a constituição fonética dos estímulos de fala, outras variáveis, como o gênero e a idade dos sujeitos, podem influenciar os valores de nasalância e, portanto, devem ser considerados. Estudos normativos envolvendo falantes do PB para a leitura ou repetição de textos encontraram valores de nasalância inferiores para crianças quando comparados aos adultos^{19,22} e, ainda, valores de nasalância mais altos para mulheres adultas do que homens da mesma idade²².

RELAÇÃO ENTRE NASALÂNCIA E NASALIDADE DE FALA

Valores de nasalância podem ser comparados à nasalidade de fala de um indivíduo, identificada perceptivamente pelo ouvinte. A relação entre julgamentos perceptivos da nasalidade de fala e valores de nasalância pode ser avaliada de duas formas: por meio do estabelecimento da sensibilidade e especificidade e por análises de correlação⁵. Por meio da sensibilidade e especificidade podem-se estabelecer os valores de corte que melhor distingam fala normal e distúrbio de ressonância⁵. Sensibilidade refere-se à extensão na qual um escore identifica corretamente indivíduos sem alterações de ressonância, enquanto a especificidade refere-se à extensão na qual um escore exclui corretamente indivíduos com fala normal daqueles com fala alterada⁸. Para o inglês norte-americano, a melhor sensibilidade para o texto oral foi encontrada com valores de corte entre 26 e 32, com eficiência geral do diagnóstico entre

.69 e .87²⁶. Valores de nasalância para estímulo nasal (Nasal Sentence) menores que 50 mostraram sensibilidade de 48 a 1.0 e especificidade entre .79 e .91²⁷. Para o PB, durante a leitura do texto oral ZOO-BR, o valor de corte de 27% é definido como limite superior de normalidade. Assim, valores superiores a 27% podem ser interpretados como sugestivos de hipernasalidade para falantes do PB. Por outro lado, na leitura do conjuntos de frases nasais, o valor de corte de 43% é definido com limite inferior de normalidade, ou sejam valores inferiores a 43% podem ser interpretados como sugestivos de hiponasalidade para falantes do PB¹⁴.

Análises de correlação são também usadas para descrever a relação entre os valores de nasalância e as avaliações perceptivas da severidade dos distúrbios de ressonância⁵. Conforme apontado por Sweeney, Sell e O'regan²⁸, os resultados obtidos em estudos envolvendo a língua inglesa indicaram que a correspondência entre nasalância e nasalidade não é absoluta nem linear. Variações na correlação reportada na literatura americana foram atribuídas às diferenças metodológicas entre os estudos (diferenças nos estímulos de fala e nas escalas utilizadas nos julgamentos perceptivos, grau de experiência do avaliador, diferenças entre as amostras de fala usadas na avaliação perceptiva e na nasometria)⁸. Estudos envolvendo o PB, que investigaram a correlação entre os valores de nasalância e nasalidade, também encontraram variabilidade nos achados. Por exemplo, um estudo²⁹ indicou alta correlação entre nasalidade e escores de nasalância para as duas amostras de fala produzidas por sujeitos adultos, além de sugerir que a concordância interjuízes ao redor de 70% pode ser um aspecto que favorece a obtenção da correlação entre nasalidade de fala e escores de nasalância. Outro estudo obteve correlação baixa entre nasalidade e nasalância para duas frases utilizadas em crianças que tiveram sua nasalidade de fala julgada como leve³⁰.

APLICAÇÃO CLÍNICA DO NASÔMETRO EM CONDIÇÕES PATOLÓGICAS

Estudos apresentados na literatura apontam a validade da nasometria no diagnóstico dos distúrbios da ressonância e, portanto, o Nasômetro é considerado um instrumento efetivo que pode corroborar a avaliação e o diagnóstico dos distúrbios de ressonância em indivíduos de risco para disfunção velofaríngea e obstruções aéreas superiores¹⁵. Uma lista de possi-

bilidades do uso clínico do nasômetro e estudos representativos da aplicação clínica desse instrumento são apresentados por Mayo, Mayo¹⁵. De forma geral, dentre as muitas possibilidades de uso do nasômetro destacam-se: (a) identificação de mudanças na nasalidade de fala após procedimentos cirúrgicos (faringoplastia, veloplastia intravelar, uvulopalatofaringoplastia, cirurgia ortognática, maxilectomia, cirurgia endoscópica funcional dos seios da face); (b) seleção de sujeitos de risco para adenoidectomia ou efeitos pós adenoidectomia e tonsilectomia; (c) identificação dos efeitos de tratamento por CPAP (Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas) ou prótese de palato; (d) avaliação de obstrução de vias aéreas superiores ou hiponasalidade; (e) avaliação da nasalidade de fala de crianças com deficiência auditiva ou implantadas; (f) avaliação de crianças com apraxia de fala; (g) avaliação de pacientes com disartria, (g) monitoramento de intervenções cirúrgicas e/ou fonoaudiológicas realizadas; (h) uso como procedimento de biofeedback.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O uso de recurso instrumental pode fornecer maior sistematidade e/ou objetividade no diagnóstico dos distúrbios de ressonância da fala, corroborando julgamentos perceptivos da nasalidade de fala. A nasometria oferece o correlato acústico da nasalidade de fala (nasalância), sendo considerada efetiva para o uso com populações clínicas distintas. Clinicamente, uma das limitações encontradas é a não correspondência absoluta dos valores de nasalância e nasalidade de fala em casos que apresentam hipernasalidade leve. De forma geral, a nasometria é considerada um instrumento valioso no diagnóstico dos distúrbios da ressonância e no monitoramento destes distúrbios após intervenção.

REFERÊNCIAS

1. Kent RD. *The speech sciences*. San Diego: Singular; 1997.
2. Kummer AW. *Cleft palate and craniofacial anomalies: effects on speech and resonance*. 3rd ed. Clifton Park: Cengage Learning; 2014.
3. Kummer AW. *Cleft palate and craniofacial anomalies: effects on speech and resonance*. San Diego: Singular; 2001.

4. Peterson-Falzone SJ, Hardin-Jones MA, Karnell MP. Cleft palate speech. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 2001.
5. de Boer GL, Bressmann T. Application of linear discriminant analysis to the nasometric assessment of resonance disorders: a pilot study. *Cleft Palate–Craniofac J.* 2015; 52(2):173-82. doi: 10.1597/13-109.
6. Henningsson G, Kuehn DP, Sell D, Sweeney T, Trost-Cardamone JE, Whitehill TL. Universal parameters for reporting speech outcomes in individuals with cleft palate. *Cleft Palate Craniofac J.* 2008; 45(1):1-17. doi: 10.1597/06-086.1.
7. Sweeney T. Nasality: assessment and intervention. In: Howard S, Lohmander A, editors. *Cleft palate speech: assessment and intervention.* Oxford: Wiley-Blackwell; 2011. p.199-217.
8. Kummer A. *Cleft palate and craniofacial anomalies: effects on speech and resonance.* 2nd ed. New York: Delmar Cengage; 2008.
9. Dutka JCR, Uemeoka E, Aferrri H, Pegoraro-Krook MI, Marino VCC. Total obturation of velopharynx for treatment of velopharyngeal hypodynamism: case report. *Cleft Palate Craniofac J.* 2012; 49(4):488–93. doi: 10.1597/09-240.
10. Kuehn DP, Moller KT. Speech and language issues in the cleft palate population: the state of the art. *Cleft Palate Craniofac J.* 2000; 37(4):348–83. doi: 10.1597/1545-1569(2000)037<0348:SALIIT>2.3.CO;2#sthash.bGrexXZ.dpuf
11. Whitehill TL, Lee AS-Y. Instrumental analysis of resonance in speech impairment. In: Ball MJ, Perkins MR, Muller N, Howard S, editors. *The Handbook of clinical linguistics.* Oxford: Blackwell; 2008. p.332–43.
12. Lohmander A, Olsson M. Methodology for perceptual assessment of speech in patients with cleft palate: a critical review. *Cleft Palate Craniofac J.* 2004; 41(1):64–70. doi: 10.1597/02-136#sthash.3BpenUkK.dpuf
13. Van Lierde KM, Wuyts FL, Bonte K, Van Cauwenberge P. The nasality severity index: an objective measure of hypernasality based on a multiparameter approach: a pilot study. *Folia Phoniatr Logop.* 2007; 59(1):31–8. doi: 10.1159/000096548
14. Trindade IEK, Yamashita RP, Gonçalves CGAB. Diagnóstico instrumental da disfunção velofaríngea. In: Trindade IEK, Silva Filho OG, coordenadores. *Fissuras labiopalatinas: uma abordagem interdisciplinar.* São Paulo: Editora Santos, 2007. p.123-43.
15. Mayo CM, Mayo R. Normative nasalance values across languages. *ECHO.* 2011, 6(1):22-32.

16. Fletcher SG, Adams LE, McCutcheon, MJ. Cleft palate speech assessment through oral nasal acoustic measures. In: Bzoch KR, editor. *Communicative disorders related to cleft lip and palate*. 3rd ed. Boston: Little-Brown; 1989. p.246-257.
17. Awan SN, Omlor K, Watts CR. Effects of computer system and vowel loading on measures of nasalance. *J Speech Lang Hear Res*. 2011; 54(5):1284–94. doi:10.1044/1092-4388(2011/10-0201)
18. de Boer GL, Bressmann T. Comparison of nasalance scores obtained with the Nasometers 6200 and 6450. *Cleft Palate Craniofac J*. 2014; 51(1):90–7. doi:10.1597/12-202.
19. Trindade IEK, Genaro KF, Dalston RM. Nasalance scores of normal brazilian portuguese speakers. *Braz J Dysmorphol Speech Hear Disord*. 1997; 1:23–34.
20. Di Ninno CQMS, Vieira JM, Teles-Magalhães LC, Padovani CR, Pegoraro-Krook, MI. Determinação dos valores de nasalância para falantes normais do português brasileiro. *Pro-Fono*. 2001; 13(1):71–7.
21. Watterson T, Lewis KE, Foley-Homan N. Effect of stimulus length on nasalance scores. *Cleft Palate Craniofac J*. 1999; 36(3):243–7.
22. Marino VCC, Dutka JCR, de Boer G, Cardoso VM, Ramos RG, Bressmann T. Normative nasalance scores for brazilian portuguese using new speech stimuli. *Folia Phoniatr Logop*. 2016; 67(5):238-44. doi:10.1159/000441976.
23. Mackay IR, Kummer AW. *Simplified nasometric assessment procedures*. Lincoln Park: Kay Elemetrics; 1994.
24. Watterson T, Hinton J, McFarlane S. Novel stimuli for obtaining nasalance measures from young children. *Cleft Palate Craniofac J*. 1996; 33(1):67–73.
25. Zuiani TBB. *Efeitos do tratamento cirúrgico da inadequação velofaríngea sobre a ressonância de fala: análise perceptiva e nasométrica [dissertação]*. São Paulo(SP): Pontífica Univerdidade Católica de São Paulo; 1996.
26. Dalston RM, Warren DW, Dalston ET. Use of nasometry as a diagnostic tool for identifying patients with velopharyngeal impairment. *Cleft Palate Craniofac J*. 1991; 28(2):184–9.
27. Dalston RM, Warren DW, Dalston ET. A preliminary investigation concerning the use of nasometry in identifying patients with hyponasality and/or nasal airway obstruction. *J Speech Hear Res*. 1991; 34(1):11–8.
28. Sweeney T, Sell D, O’regan M. Nasalance scores for normal-speaking Irish children. *CleftPalateCraniofac J*. 2004; 41(2):168-74.
29. Dutka JCR. *Relationship between perceptual ratings of nasality during cul-de-sac testing and nasalance scores [thesis]*. Gainesville(FL): University of Florida; 1996.
30. Pegoraro-Krook MI, Marino VCC, Silva S, Dutka JCR. *Correlação entre nasalância e nasalidade em crianças com hipernasalidade*. *Rev CEFAC*. 2014; 16(6):1936-44.