

Medidas cepstrais na avaliação da intensidade do desvio vocal

Cepstral measures in the evaluation of vocal deviation intensity

Estevão Silvestre da Silva Sousa¹, Leonardo Wanderley Lopes²

(1) Discente do Curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

(2) Docente do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Instituição: Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa (PB), Brasil.

Endereço para correspondência:

Leonardo Wanderley Lopes

Departamento de Fonoaudiologia, Centro de Ciências da Saúde

Cidade Universitária - Campus I, Bairro Castelo Branco, João Pessoa (PB), Brasil,

CEP: 58051-900. Tel.: (83) 3216-7831. E-mail: lwlopes@hotmail.com

Conflitos de interesse inexistentes.

* Todos os autores (ESSS e LWL) contribuíram na construção e desenvolvimento deste trabalho. ESSS realizou a coleta de dados e análise dos resultados; assim como a revisão do manuscrito.

RESUMO

OBJETIVO: analisar se existe correlação entre a presença, a intensidade e o tipo de desvio vocal e as medidas cepstrais. **MÉTODO:** Foram utilizadas 376 amostras de voz de ambos os sexos correspondentes à vogal /ε/. Juiz especializado realizou a análise perceptivo auditiva da intensidade do desvio vocal e da qualidade vocal predominante das amostras de voz, a partir da escala analógico-visual. **RESULTADOS:** Houve diferença dos valores do CPPS entre os grupos com e sem desvio vocal. Também houve diferença dos valores cepstrais em função da intensidade do desvio vocal. Observou-se diferença nos valores de CPPS e declínio espectral entre vozes rugosas, soprosas e tensas. O CPPS teve correlação negativa forte com o GG e GS, correlação negativa moderada com o GR e correlação negativa fraca com o GT. Quanto ao declínio espectral houve uma correlação negativa fraca com o GS e uma correlação positiva moderada com o GT. **CONCLUSÃO:** Existe correlação entre a presença de desvio vocal, a intensidade do desvio, a qualidade vocal predominante e as medidas cepstrais.

ABSTRACT

PURPOSE: to analyze if there is a correlation between the presence, intensity and type of vocal deviation and the cepstral measurements. **METHODS:** We used 376 speech samples of both sexes corresponding to the vowel / ϵ /. Specialized judge performed the auditory perceptual analysis of the intensity of the vocal deviation and the predominant vocal quality of the voice samples, from the analogue-visual scale. **RESULTS:** There were differences in CPPS values between the groups with and without vocal deviation. There were also differences in the cepstral values as a function of vocal deviation intensity. Differences were observed in CPPS values and spectral decline between roughness, breathness and tense voices. CPPS had a strong negative correlation with GG and GS, moderate negative correlation with GR, and weak negative correlation with GT. As for the spectral decline there was a weak negative correlation with the GS and a moderate positive correlation with the GT. **CONCLUSION:** There is a correlation between the presence of vocal deviation, the intensity of the deviation, the predominant vocal quality and the cepstral measurements.

INTRODUÇÃO

A avaliação dos distúrbios da voz deve levar em consideração uma abordagem multidisciplinar e multidimensional (DEJONCKERE, *et al.*, 2001), incluindo: uma anamnese detalhada, para identificação da queixa, dos fatores de risco e dos sintomas presentes; a análise perceptivo auditiva, para identificação da presença, tipo e intensidade do desvio vocal; a avaliação acústica, que fornece uma análise quantitativa e qualitativa do sinal vocal; a avaliação aerodinâmica, que fornece dados sobre o controle do fluxo aéreo para a fonação; e o exame visual laríngeo, para análise estrutural e funcional da laringe (DEJONCKERE, *et al.*, 2001; HUNTER & TITZE, 2009).

A análise perceptivo auditiva e o exame visual laríngeo são os principais métodos utilizados para avaliação dos distúrbios de voz pelo fonoaudiólogo e pelo médico otorrinolaringologista, respectivamente. Vale enfatizar que ambos os métodos possuem fatores de confundimento relacionados à subjetividade do avaliador (AWAN *et al.* 2010) que faz julgamento auditivo da qualidade vocal (perceptivo auditiva) e julgamento visual do exame laríngeo, cujo método é invasivo.

É importante ressaltar que a análise acústica serve como complementação das análises perceptivo auditiva, autoavaliação e do exame visual laríngeo, assim como, irá auxiliar junto com as outras análises o fechamento do diagnóstico laríngeo.

Os métodos acústicos de avaliação vocal são modelos que atraem uma maior atenção pelo fato de não serem invasivos (AWAN, 2011). Outra vantagem destes mecanismos de análise é que eles propiciam dados quantitativos e também possuem alta reprodutibilidade (ULOZA *et al.*, 2010). Um aspecto relevante é a possibilidade da quantificação do desvio presente no sinal e a sua comparação com dados normativos (BARSTIE & DE BODT, 2015). Diante destas utilidades a análise acústica é frequentemente utilizada na prática clínica e em pesquisa (ULOZA *et al.*, 2010).

O método de análise acústica pode compreender a extração de medidas que quantificam determinada propriedade do sinal da voz, assim como pode incluir a análise descritiva de padrões visuais destes mesmos sinais (LOPES *et al.*, 2017).

Na análise acústica baseada na extração de medidas é possível realizar a retirada dos dados e relacioná-los entre si e com valores de laringes saudáveis quando comparados a distintas condições da laringe e a distintos tipos de desvio da qualidade

vocal (BARSTIE & DE BODT, 2015).

A análise acústica descritiva equivale a apresentações de padrões visuais do formato da onda do sinal vocal do espectro de energia, da espectrografia de faixa larga ou estreita, da análise perceptivo auditiva e da extração de medidas acústicas baseadas em modelos lineares e não lineares da produção vocal. (LOPES *et al.*, 2014). A maior vantagem deste tipo de análise é que independentemente do nível de aperiodicidade e ruído na emissão, há a possibilidade de avaliação qualitativa do sinal. Entretanto, esse método pode receber influências como a experiência do avaliador, podendo não ser em sua totalidade eficaz (SOUZA & GAMA, 2015).

Na extração das medidas de perturbação e de algumas medidas de ruído é necessário que haja uma previsão dos valores da frequência fundamental (F_0), o que é mais provável de ser realizado nos sinais vocais quase periódicos (ciclo a ciclo), do que em sinais aperiódicos (DEJONCKERE *et al.*, 2001).

Nos indivíduos com distúrbios vocais os sinais de voz podem oscilar de quase periódico a completamente aperiódico, de forma que a complexidade de um sinal de voz com superior grau de aperiodicidade acaba afetando a realização dos métodos tradicionais de análise acústica, como *jitter* e *shimmer*, que predizem determinada periodicidade para serem analisados (DEJONCKERE *et al.*, 2001).

Existe ainda outra medida utilizada para análise acústica, são as medidas cepstrais. A análise cepstral foi originalmente descrita por Noll (1964) como um procedimento para extrair a frequência fundamental (F_0) do espectro de uma onda sonora. O cepstro, uma transformada inversa de Fourier do espectro de potência do sinal de voz, mostra em forma de gráfico à medida que os harmônicos espectrais e, em particular, a frequência fundamental vocal, são individualizados e emergem do nível de ruído de fundo. Quanto mais regulares os picos harmônicos medidos em uma forma de onda, maior a amplitude do pico cepstral dominante (DEJONCKERE & WIENEKE, 1996).

Awan (2009) correlacionou as medidas cepstrais com a análise perceptivo auditiva e a intensidade do desvio vocal a partir de 134 vozes divididas entre grupos com e sem desvio vocal. Os resultados da análise confirmaram a forte correlação que existe entre as variáveis e a análise acústica das medidas cepstrais. Tal achado mostra o valor clínico dessas medidas na avaliação da intensidade do desvio vocal em amostras de fala encadeada.

A principal vantagem dos métodos de análise cepstral no rastreamento da F_0 é

a capacidade de determinar a F_0 e produzir estimativas de aperiodicidade e/ou ruído aditivo sem a identificação de limites de ciclo individuais, como é nas medidas de perturbação e ruído (DEJONCKERE & WIENEKE, 1996).

Diante disso, a utilização das medidas da análise cepstral na avaliação da voz pode ser um forte preditor da presença, intensidade e tipo de desvio vocal (DEJONCKERE & WIENEKE, 1996; WOLFE, MARTIN, & PALMER, 2000).

Com essa pesquisa, se presume poder trabalhar no desenvolvimento de um sistema objetivo de avaliação vocal para utilização em procedimentos de triagem, diagnóstico e monitoramento vocal, utilizando-se medidas cepstrais. Vale ressaltar que até o momento, não existem sistemas baseados nessas medidas e que possuam interface simples para utilização pelos clínicos. A presente pesquisa também visa ampliar a literatura e as evidências científicas entre a intensidade do desvio vocal e as medidas cepstrais. Tal contribuição pode melhorar a precisão da avaliação vocal por meio de análise acústica e trazer novas possibilidades de pesquisa na área.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar se existe correlação entre a presença, a intensidade e o tipo de desvio vocal e as medidas cepstrais.

MÉTODO

DESENHO DO ESTUDO

Este é um estudo descritivo, transversal e observacional, avaliado e aprovado pelo comitê de Ética em Pesquisa da Instituição de origem, com o parecer de número 52492/12.

AMOSTRA

A amostra desta pesquisa foi constituída de 376 pacientes com queixa vocal, de ambos os sexos, no período compreendido entre Abril de 2012 e Novembro de 2017. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando a pesquisa.

Para seleção dos indivíduos foram considerados os seguintes critérios de elegibilidade:

Apresentar queixa vocal, respondendo positivamente à pergunta: “Você considera que tem um problema de voz atualmente?”; terem realizado o exame visual laríngeo para confirmação diagnóstica de distúrbio de voz, nas duas semanas prévias ou subsequentes à sessão de coleta de dados; não apresentar comprometimento cognitivo ou neurológico que impedisse a gravação da voz; não ter realizado terapia vocal ou tratamento cirúrgico na laringe previamente.

Desse modo, foram selecionados 376 indivíduos, com idade média de $41,20 \pm 14,04$ anos, sendo 294 mulheres e 82 homens. Esses pacientes apresentaram os seguintes diagnósticos médicos: 99 (26,30%) sem alteração estrutural ou funcional na laringe, 90 (23,90%) pacientes com nódulos vocais, 42 (11,20%) com distúrbio de voz secundário a refluxo laringofaríngeo, 38 (10,10%) com cisto vocal, 25 (6,66%) com fenda triangular médio-posterior, 22 (5,85%) com paralisia unilateral de prega vocal, 21 (5,60%) com distúrbio de voz secundário a doença neuromuscular, 20 (5,30%) com pólipos de prega vocal, 11 (2,90%) com sulco vocal e 8 (2,10%) com edema de Reinke.

Todos esses pacientes foram avaliados antes de realização da terapia vocal. Os pacientes com distúrbio de voz secundário à doença neuromuscular também apresentaram laudo médico do neurologista.

PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Toda a coleta de dados desta pesquisa foi realizada no Laboratório de Voz de uma Instituição de Ensino Superior, durante o procedimento de avaliação vocal os pacientes foram avaliados por meio de uma ficha de triagem vocal, responderam aos questionários de auto avaliação e submeteram-se à gravação da vogal /*ɛ*/ sustentada. Para esta pesquisa foram utilizados apenas os dados de identificação pessoal, queixa vocal e a amostra da vogal sustentada, conforme descrito a seguir.

A coleta de voz ocorreu no referido laboratório, utilizando-se o *software* Fonoview, versão 4.5, da CTS Informática, *desktop Dell all-in-one*, microfone cardioide unidirecional, da marca Senheiser, modelo E-835, localizado em um pedestal e acoplado a um pré-amplificador Behringer, modelo U-Phoria UMC 204. As vozes foram coletadas em cabine de gravação com tratamento acústico e ruído inferior a 50 dB NPS, com taxa de amostragem de 44000 Hz, com 16 bits por amostra e distância de 10 cm entre o microfone e a boca do paciente.

Para a coleta das vozes, os pacientes estavam em pé, situando-se o pedestal

a sua frente, de acordo com a distância preconizada entre a boca e o microfone. O paciente recebeu as instruções sobre a coleta de voz e, logo, em seguida, procedeu-se com o registro. Durante a gravação, o paciente foi solicitado a emitir a vogal /ɛ/ sustentada, em frequência e intensidade autorreferida como habitual. A vogal /ɛ/ foi selecionada para este estudo, pois é uma vogal oral, aberta, não arredondada e é considerada a vogal com a posição mais média no Português brasileiro, o que permite uma posição mais neutra e intermediária do trato vocal. Além disso, é a vogal mais comumente utilizada para avaliação da qualidade vocal na realidade brasileira.

Posteriormente, as vozes foram editadas no *software Sound Forge* versão 10.0, sendo eliminados os dois segundos iniciais e finais da emissão da vogal sustentada, devido a maior irregularidade nesses trechos, preservando-se o tempo mínimo de três segundos para cada emissão.

A extração das medidas acústicas foi realizada no *software Praat* (v.5.3.84), extraindo-se o *Cepstral Peak Prominence-Smoothed (CPPS)* e o declínio espectral das amostras vocais. O CPPS é uma modificação no algoritmo do CPP que produz uma melhoria notável na precisão da análise das vozes desviadas. Essa modificação envolve a suavização do cepstro antes de se extrair o pico cepstral. Ao invés do cepstro ser calculado a cada 10 ms com o CPPS é calculado a cada 2 ms, favorecendo assim a precisão na identificação dos sinais irregulares (DEJONCKERE & WIENEKE, 1996).

Os seguintes comandos e parâmetros foram aplicados para gerar o CPPS no *Praat*:

1. Clicou-se em “*Analyze Periodicity*” adiante em “*Fo PowerCepstrogram*”;
2. No “*menu*”, prosseguiu-se com “*Pitch floor (Hz) = 60*”, “*Time Step (s) = 0,002*”, “*Maximum Frequency (Hz) = 5000*” e “*Pre-emphasis from (Hz) = 50*”.
3. Clicou-se em “*Query*”, e foi selecionado “*Get CPPS*” no “*menu*”, seguiu-se adiante com “*Substract tilt before smoothing*” e com “*Time averaging window (s) = 0.01*”, “*Quefrequency-averaging window (s) = 0.001*”. “*Peak search pitch range (Hz) = 60-330*”, “*Tolerance (0-1) = 0.05*”, “*Interpolation = Parabolic*”. “*Tilt line quefrequency range (s) = 0.001-0.0 (=end)*”, “*Line type = Straight*”, e *Fit method = Robust*.
4. O resultado desse procedimento são as medidas CPPS conforme descrito em (MARYN & WEENINK, 2015).

Os seguintes comandos e parâmetros foram aplicados para obter o declínio

espectral no Praat

1. Clicou-se em “*Analyse spectrum*” e escolheu-se “*To Ltas*”;
2. Seguiu-se adiante em “*Bandwidth*” com 100 Hz;
3. Foi selecionado o novo sinal do “*Ltas*” e clicado em “*Query*”;
4. Avançou-se com “*Get slope*”, em “*Low Band*” os valores foram mudados para 0 e 1250 Hz e em “*High Band*” os valores foram alterados para 1250 e 4000 Hz;
5. Ainda em “*Query*” obteu-se os valores de Declínio Espectral “*Report spectral tilt*”.
6. O resultado desse procedimento são as medidas do Declínio Espectral conforme descrito em (MARYN & WEENINK, 2015).

Todos os valores do CPPS e do declínio espectral foram conferidos manualmente para identificação de *outliers*.

Para a análise das medidas perceptivo auditivas, as vozes foram reeditadas no controle “*normalize*” do *Sound Forge*, no modo *peak level*, a fim de obter uma padronização na saída de áudio entre -6 e 6dB para todos os sinais, de modo que a intensidade do sinal de áudio não influenciasse no julgamento dos avaliadores quanto à intensidade do desvio vocal.

A sessão de avaliação perceptiva ocorreu em ambiente silencioso. Inicialmente, o juiz foi treinado com estímulos-âncora, contendo emissões saudáveis e com desvio nos diferentes graus, assim como vozes predominantemente rugosas, soprosas, tensas e instáveis. Utilizou-se uma escala analógica visual (EAV), com uma métrica de 0 a 100 mm, avaliando-se o grau geral do desvio vocal (GG) e os graus de rugosidade (GR), de sopro (GS) e de tensão (GT). O juiz foi orientado de que as vozes deveriam ser consideradas saudáveis quando fossem socialmente aceitáveis, produzidas de forma natural, sem esforço, ruído ou condição estável durante a emissão. Também foi instruído de que a rugosidade corresponderia à presença de irregularidade vibratória, a sopro estaria relacionada ao escape de ar audível na emissão, a tensão corresponderia à percepção de esforço vocal. Os parâmetros perceptivo-auditivos de rugosidade, sopro e tensão foram escolhidos para caracterização dos sinais neste estudo por serem utilizados universalmente para caracterizar o desvio de qualidade vocal (KEMPSTER et al., 2009) e por possuírem correlatos conhecidos no plano fisiológico e acústico.

Na EAV, a marcação mais próxima do 0 representa menor alteração, e quanto mais próxima do 100, maiores são as alterações da intensidade do desvio vocal (YAMASAKI *et al.*, 2017). Essa avaliação foi executada por um fonoaudiólogo especialista em Voz, com mais de 15 anos de experiência em avaliação vocal perceptivo auditiva.

Para avaliação, cada emissão da vogal sustentada foi apresentada por três vezes através de caixa de som, em intensidade confortável autorreferida pelo avaliador. Após cada apresentação, o juiz fez a avaliação da GG e do GR, GS e GT, seguida pela identificação qualidade vocal predominante nas vozes desviadas (rugosa, soprosa ou tensa).

No final da sessão de avaliação perceptiva, 10% (52 sinais) das amostras foram repetidas aleatoriamente, para a análise da confiabilidade da avaliação do juiz através do Coeficiente Kappa de Cohen. O valor de Kappa foi de 0,80, indicando uma boa confiabilidade do avaliador (SIM & WRIGHT, 2005).

Os valores do ponto de corte da EAV (35,5 mm) foram utilizados para classificar as vozes em VNQV ou desviadas. Dessa forma, 97 vozes foram classificadas com VNQV e 279 vozes foram categorizadas como desviadas. Todos os indivíduos com VNQV apresentaram ausência de alteração estrutural ou funcional laringe. Dos pacientes com vozes desviadas, apenas dois receberam laudo de ausência de alteração estrutural ou funcional na laringe, enquanto os 277 restantes apresentaram os diagnósticos médicos citados anteriormente. Na sequência, os valores de corte da EAV foram utilizados para classificação do GG: vozes com VNQV (0-35,5 mm); 239 vozes com grau 2 (35,6-50,5 mm), correspondendo ao desvio de leve a moderado; 165 vozes com grau 3 (50,6-90,5 mm), relacionado ao desvio moderado; e 27 vozes com grau 4 (90,6-100 mm), relacionado ao desvio intenso (YAMASAKI *et al.*, 2017).

Análise dos dados

Foi realizada análise estatística descritiva para todas as variáveis independentes analisadas, incluindo-se os valores de média e desvio padrão. O teste não paramétrico de Mann-Whitney foi utilizado para comparação das médias das medidas acústicas entre os grupos com e sem desvio.

O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para comparar a média das medidas acústicas em função da intensidade do desvio vocal. Utilizou-se o teste *post hoc* de

Nemenyi para comparação dos grupos par a par.

O teste de correlação de Spearman, para correlacionar a intensidade do desvio vocal e as medidas acústicas. Os coeficientes de correlação foram utilizados para avaliar e quantificar o grau de relacionamento linear entre duas variáveis, observando se as variáveis se modificam conjuntamente e em que grau.

O coeficiente de correlação varia de -1 a 1, sendo que os valores negativos indicam que as variáveis se comportam de modo inversamente proporcional, enquanto valores positivos indicam que elas variam proporcionalmente.

Para a classificação dos coeficientes de correlação, adotou-se, nesta pesquisa, que valores de 0,1 a 0,3 representam uma correlação fraca; entre 0,4 e 0,6 indicam correlação moderada; e acima de 0,6 é possível afirmar que o grau de correlação entre as variáveis é forte (DANCEY e REIDY, 2006).

Todas as análises foram realizadas pelo *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 2.0.

RESULTADOS

Inicialmente foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney para comparar a média das medidas acústicas entre os grupos com e sem desvio vocal (**Tabela 1**). Houve diferença dos valores do CPPS entre os grupos ($p < 0,001$), com valores mais elevados nos pacientes sem desvio vocal.

>>>>>>> Inserir Tabela 1

O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para comparar a média das medidas acústicas em função da intensidade do desvio vocal (**Tabela 2**). Constatou-se diferença para a variável CPPS ($p < 0,001$). Na sequência, utilizou-se o teste *post hoc* de Nemenyi para comparação dos grupos par a par. Houve diferença entre indivíduos do grupo com VNQV e com grau leve a moderado ($p = 0,001$), com maiores valores no grupo com VNQV. Da mesma forma houve diferença entre os grupos com grau leve a moderado e moderado ($p = 0,001$), com valores superiores no grupo com grau leve a moderado. Também houve diferença entre os grupos com grau moderado e intenso ($p = 0,001$), com maiores valores no grupo com grau leve a moderado.

>>>>>>> Inserir Tabela 2

Foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar as medidas acústicas em função da qualidade vocal predominante. Observou-se diferença nos valores de CPPS ($p < 0,001$) e declínio espectral ($p < 0,001$) entre os diferentes tipos de vozes (**Tabela 3**).

Na análise *post hoc*, os valores de CPPS separaram vozes rugosas de soprosas ($p = 0,001$), com maiores valores da média de CPPS em vozes rugosas. Houve diferenciação também entre vozes rugosas e tensas no que diz respeito aos valores de CPPS ($p = 0,001$) e declínio espectral ($p < 0,001$) com maiores médias em vozes tensas. Os valores de CPPS ($p < 0,001$) e declínio espectral ($p < 0,001$) também conseguiram separar vozes soprosas de tensas, com maiores médias em vozes tensas.

>>>>>>> Inserir Tabela 3

Por fim, realizou-se o teste de correlação de Spearman entre as medidas perceptivo auditivas e acústicas (**Tabela 4**). O CPPS teve correlação negativa forte com o GG ($p < 0,001$) e GS ($p < 0,001$), correlação negativa moderada com o GR ($p < 0,001$) e correlação negativa fraca com o GT ($p = 0,001$). Quanto ao declínio espectral houve uma correlação negativa fraca com o GS ($p = 0,001$) e uma correlação positiva moderada com o GT ($p < 0,001$).

>>>>>>> Inserir Tabela 4**DISCUSSÃO**

Cada vez mais as medidas acústicas constataam sua eficácia na identificação dos desvios na qualidade vocal, demonstrando uma relação direta com as distúrbios laríngeos e com a intensidade do desvio vocal (BROCKMANN, DRINNAN, STORCK e CARDING, 2011).

Entre as medidas acústicas, as medidas cepstrais apresentam excelente capacidade discriminativa e forte correlação com a intensidade do desvio vocal (AWAN *et al.*, 2015). Essas medidas são apropriadas para a análise de fala contínua

bem como de vogais sustentadas, podendo ser usadas para vozes altamente desviadas quanto a qualidade vocal (SOREN, 2012).

Foi encontrada uma diferença dos valores de CPPS entre o grupo sem desvio e o grupo com desvio, sendo os maiores valores no grupo sem desvio vocal. Essa diferença pode ser justificada pelo fato de que os sinais de voz com maior periodicidade apresentam configuração harmônica bem definida e maiores valores de CPPS. Ao contrário, vozes mais desviadas apresentam menor proporção entre a energia dos harmônicos e os componentes de ruído e aperiodicidade, com menores valores de CPPS (DEJONCKERE & WIENEKE, 1996).

No presente estudo, todos os indivíduos com desvio da qualidade vocal apresentavam alteração estrutural e/ou funcional na laringe. Fisiologicamente, a presença de tais alterações pode ocasionar mudança dos padrões de vibração e no fechamento glótico, ocasionando a aperiodicidade e ruído no sinal vocal, respectivamente (MC ALLISTER, 1996).

Alguns estudos investigaram a capacidade de as medidas cepstrais discriminarem vocais saudáveis e desviados (WATTS, AWAN & MARYN, 2016; WATTS & AWAN, 2014; AWAN *et al.*, 2015; AWAN *et al.*, 2013). Nesses estudos foram encontradas taxas de acurácia entre 71% e 85% de classificação entre sinais saudáveis e desviados. A maioria desses estudos utilizou como padrão de referência a avaliação perceptivo auditiva (acurácia=85%, sensibilidade=87,06%) (AWAN *et al.*, 2015; WATTS & AWAN, 2014; AWAN *et al.*, 2013), seguido pelo exame visual laríngeo (acurácia=73%, sensibilidade=71,71%) (AWAN *et al.*, 2015; AWAN & ROY N., 2005; WATTS & AWAN, 2014;) e pela autoavaliação vocal (acurácia=75%, sensibilidade=73,39%) (AWAN *et al.*, 2015; WATTS & AWAN, 2014; AWAN *et al.*, 2013). As taxas de classificação se comportaram de modo diferente em função do padrão de referência utilizado, com melhor desempenho relacionado à análise perceptivo auditiva em detrimento do exame visual laríngeo e da autoavaliação vocal. No entanto, em todos os casos, as medidas cepstrais foram capazes de diferenciar vozes saudáveis e desviadas.

A interpretação das taxas de classificação deve estar pautada no objetivo de teste, privilegiando os valores de sensibilidade em caso de medidas de triagem, em detrimento dos valores de especificidade quando o objetivo do teste é confirmação diagnóstica. O estudo de Awan *et al.* (2015) tinha por objetivo propor a utilização das medidas cepstrais para triagem dos distúrbios da voz. Desse modo, eles utilizaram

um valor de corte mais baixo (19,09 dB, 19,01 dB e 19,46 dB) para classificação dos sinais em saudáveis ou desviados a partir da análise perceptivo auditiva, do exame visual laríngeo e da autoavaliação vocal (Índice de Desvantagem Vocal – IDV). Valores acima desse ponto de corte indicariam a presença de distúrbio de voz a partir dos padrões de referência citados.

Dessa forma, os valores do CPPS encontrados no presente estudo para ambos os grupos (VNQV e desviado) estão abaixo dos valores de corte preconizados na literatura (AWAN *et al.*, 2015). A partir desse achado, pode-se discutir as diferenças metodológicas entre o estudo citado e a presente pesquisa. Há duas diferenças principais, relacionadas à tarefa de fala para avaliação perceptivo auditiva e à forma de julgamento perceptivo-auditivo das vozes analisadas.

Awan *et al.* (2015) utilizou como julgamento da perceptivo auditiva uma avaliação binária/categórica, as amostras eram reproduzidas aleatoriamente e os juízes indicavam se as vozes escutadas eram normais (negativo para algum distúrbio vocal) ou desviada (positivo para algum distúrbio vocal). Em contrapartida, o presente estudo utilizou o ponto de corte da EAV para categorização das vozes saudáveis e desviadas.

A tarefa de fala utilizada no estudo de Awan *et al.* (2015) foi a fala encadeada (leitura do “*The Rainbow Passage*”), enquanto no presente estudo foi utilizada a emissão da vogal sustentada / *ε* /. Segundo Awan *et al.* (2011) ainda existe uma incerteza sobre quais tarefas de fala devem ser incluídas nos modelos de previsão da presença ou ausência do distúrbio vocal, principalmente quando compara-se vogais sustentadas e fala encadeada. O estudo de Awan *et al.* (2011) teve como objetivo o uso das medidas cepstrais para diferenciar vozes sem alterações vocais e com presença de distúrbios vocais, usando amostras de vogal sustentada e fala encadeada. O estudo concluiu que as medidas cepstrais foram capazes de diferenciar vozes com e sem alteração e também demonstraram forte sensibilidade e especificidade para as amostras de vogal sustentada, assim como forte sensibilidade e moderada especificidade para as amostras de fala encadeada.

A fala encadeada é mais próxima da conversação diária, entretanto, quando há a classificação da qualidade vocal ela mostra-se mais variável, pois, o foco perceptual é divergente dos fenômenos não-vocais, como por exemplo, a prosódia, a articulação de palavras e todo o contexto fonético e fonológico. Por outro lado, vogais sustentadas, são menos propensas a essa variabilidade fonética (BARSTIES &

MARYN, 2016). Além disso, a utilização de vogais é um dos procedimentos mais citados na prática clínica para avaliação da qualidade vocal. Embora, se sabe que as diferenças culturais principalmente no que diz respeito a língua, podem influenciar nos resultados das avaliações da qualidade vocal. No que diz respeito às medidas cepstrais, ainda não há ponto de corte dessas medidas em indivíduos falantes do português brasileiro.

Um estudo com 300 amostras de voz quantificou a intensidade do distúrbio vocal usando as medidas cepstrais, usou-se como um dos critérios a análise perceptivo auditiva através da escala analógica visual e frases do CAPE-V, fazendo-se uma correlação entre essas medidas acústicas e a análise perceptivo auditiva entre vozes normais e vozes alteradas, o grupo com vozes alteradas possuía as mais diversas patologias que envolvem a laringe. Os resultados indicam uma correlação forte entre estimativas perceptivo auditivas e as medidas cepstrais na quantificação da intensidade do desvio vocal em amostras de fala encandeada e vogais sustentadas. Neste mesmo estudo foi observado que a proeminência do *Cepstral Peak Prominence* é o contribuinte mais forte para estimar acusticamente a intensidade do desvio vocal, pelo fato das medidas cepstrais serem sensíveis aos diferentes graus de intensidade (AWAN, 2010).

Na comparação da média das medidas acústicas em função da intensidade do desvio vocal foi observada uma diferença entre todos os grupos (VNQV x leve a moderado, leve a moderado x moderado, moderado x intenso). Vozes mais desviadas apresentaram menores valores do CPPS. Isso se dá pelo fato de que quando um grupo com desvio vocal é comparado com um outro que apresente um grau mais intenso, há uma diminuição de energia acústica da F_0 em relação a energia total do sinal acústico (SOREN, 2012).

Com relação à qualidade vocal predominante, houve diferença nos valores do CPPS entre vozes tensas e as vozes rugosas e soprosas, com maiores médias no grupo com predomínio de tensão. Além disso, houve diferença entre vozes soprosas e rugosas, com maiores valores do CPPS nesse último grupo.

No parâmetro de tensão, há um aumento de contração da musculatura intrínseca e extrínseca da laringe, ocasionando maior rigidez no sistema e maior pressão longitudinal nas pregas vocais (PONTES *et. al.*, 2002), diferentemente da soproidade onde essa pressão longitudinal é menor.

Fisiologicamente a soproidade apresenta menor média do CPPS pois, está

associada ao maior grau de separação entre os processos vocais, a menor convexidade da borda livre das pregas vocais e ao menor tempo da fase fechada dos ciclos glóticos. Desse modo, as pregas vocais mais afastadas da linha média tendem a vibrar de forma mais irregular e com menor amplitude da onda mucosa (LUCERO & KOENING, 2005).

Quando se compara a qualidade vocal tensa com a soprosa, há mais harmônicos na qualidade vocal tensa, pelo fato de haver maior coaptação das pregas vocais, gerando assim maiores valores do CPPS. Da mesma forma acontece na comparação das vozes rugosas e soprosas onde os maiores valores foram presentes nas vozes rugosas.

A partir de 134 amostras de vozes femininas divididas em dois grupos, um com diagnóstico de disfonia funcional e outro grupo sem alterações vocais, falantes nativas do Inglês se fez uma análise das médias provenientes das medidas cepstrais na diferenciação de vozes desviadas e não desviadas (AWAN, 2005). Se usou como um dos critérios de análise perceptivo auditiva a escala EAI (*Equal Appearing Interval*). Como resultados obtidos, foi observado que as medidas provenientes do pico cepstral são particularmente sensíveis para identificar sinais desordenados provenientes dos mais diversos tipos de patologia vocal, independente da qualidade vocal de determinada voz, sejam elas soprosas, tensas ou rugosas. Esses resultados são semelhantes aos resultados obtidos no presente estudo pelo fato das medidas cepstrais mostrarem diferença entre as vozes rugosas, soprosas e tensas, com diferenciação em alguns aspectos, como por exemplo a amostra usada de 376 vozes, de ambos os sexos, falantes nativas do português brasileiro e também a análise perceptivo auditiva da voz que foi realizada através da Escala Analógica Visual.

Foi encontrada uma correlação negativa forte do CPPS entre o GG e o GS, isso significa dizer que quanto maior for o GS e o GG menor será o valor de CPPS. Essa forte correlação se explica pelo fato de que há uma semelhança entre a percepção auditiva da intensidade do desvio vocal e a qualidade vocal soprosa com os valores acústicos do CPPS.

No GR e GT, embora ambos tenham valores inversamente proporcionais com o CPPS, a correlação foi moderada e fraca, respectivamente. Isso se dá pelo fato de que a rugosidade diz respeito à presença de irregularidade vibratória da mucosa das pregas vocais, que pode ser proveniente de edemas, vasodilatações, fadiga, mau uso e abuso vocal. Sendo assim, lesões que aumentem a massa nas pregas vocais geram

uma irregularidade vibratória, podendo assim abaixar a frequência fundamental (MC ALLISTER, 1996).

Na tensão, a frequência será determinada pela pressão longitudinal das pregas vocais, pessoas com essa característica vocal tendem a realizar uma maior contração da musculatura extrínseca e intrínseca, além de apresentarem uma posição mais verticalizada da laringe e conseqüentemente uma frequência mais elevada. Pacientes com presença de tensão na fonação realizam uma maior tensão longitudinal das pregas vocais, maior pressão subglótica e maior constrição no trato vocal, o que conseqüentemente resulta em um maior número de ciclos glóticos por segundo, ou seja, uma F_0 mais elevada (HOUTTE, LIERDE & CLAEYS, 2011). No GT a correlação foi fraca pois, o que é percebido auditivamente parece ter um grau mais elevado do que é percebido nos valores de CPPS. Na avaliação clínica vocal não existe indícios científicos quanto a um padrão singular de referência a ser utilizado, onde neste modelo haja uma alta acurácia diagnóstica para detecção de um distúrbio vocal (AWAN *et al.*, 2015).

Em um estudo cujo objetivo foi analisar a correlação entre medidas acústicas e a intensidade do desvio vocal e seu poder discriminatório na detecção da presença de alteração vocal, na classificação da intensidade do desvio e na diferenciação do tipo de voz predominante. Foi observado que na correlação entre a intensidade do desvio vocal e a média de F_0 , desvio padrão de F_0 , *jitter*, *shimmer* e GNE (*Glottal to Noise Excitation Ratio*) não houve correlação da média de F_0 com o GG e GS, o GS também não mostrou uma correlação com o desvio padrão de F_0 , da mesma forma não houve correlação entre o GT e o GNE, houve uma correlação forte apenas entre o GG e *jitter* e *shimmer*, diferentemente do presente estudo onde o CPPS mostrou correlação com o GG, GR, GS e GT, sendo uma forte correlação com o GG e GS. Ainda na pesquisa comparou-se os grupos em relação ao tipo de qualidade vocal predominante, os resultados mostraram que na análise *post hoc* apenas a média de F_0 conseguiu separar vozes rugosas de soprosas e rugosas de tensas. No presente estudo o CPPS conseguiu separar vozes rugosas e soprosas, rugosas e tensas e soprosas e tensas (LOPES *et al.*, 2014).

Tanto na área de pesquisa quanto na área clínica vocal um dos maiores desafios é a compreensão de qual recurso irá fornecer uma melhor avaliação em relação à presença e intensidade do desvio vocal (GODINO-LLORENTE *et al.*, 2010). A partir dos dados observados na presente pesquisa, as medidas acústicas cepstrais

são fortes indicadores da presença e intensidade do desvio, além de fornecer uma associação com a qualidade vocal predominante nas amostras vocais de vogal sustentada.

As medidas acústicas podem ser divididas em medidas tradicionais, fundamentadas no modelo fonte-filtro (FANT, 1960), e em medidas por análise da dinâmica não linear, baseadas na produção vocal enquanto um sistema caótico (TITZE, BAKEN e HERZEL, 1993).

As medidas de perturbação e de ruído têm sido vastamente utilizadas na pesquisa e na avaliação clínica vocal no que diz respeito à determinação dos parâmetros básicos da qualidade vocal, que compreendem a intensidade do desvio vocal (grau geral), rugosidade e soproidade (LOPES *et al.*, 2013). Um dos motivos destas medidas serem tão utilizadas no contexto clínico principalmente nas triagens vocais é pelo fato delas demonstrarem boa correlação com a avaliação perceptivo-auditiva (GODINO-LLORENTE *et al.*, 2010).

Por mais que as medidas acústicas tradicionais sejam importantes e muito utilizadas no contexto clínico na avaliação vocal, elas podem ser afetadas quanto a sua confiabilidade em sinais mais desviados, pois, um sinal de voz pode oscilar de quase periódico a aperiódico e em medidas como *jitter* e *shimmer* é necessária determinada periodicidade para sua análise (DEJONCKERE *et al.*, 2001).

Os modelos de análise acústica não linear surgiram como forma de complementação para a avaliação vocal. As pesquisas nessa área são promissoras e neste modelo se observa uma maior correlação entre as medidas extraídas por análise acústica de modelos não lineares e a presença de alteração vocal e laríngea (ZHANG *et al.*, 2010).

Entretanto, esse modelo possui restrições para avaliação de sinais altamente desordenados, como por exemplo em pacientes que sofrem processos de remoção do arcabouço laríngeo ou em indivíduos com paralisia em pregas vocais o que conseqüentemente pode acarretar em uma posição mais afastada da linha média (SPRECHER, OLSZEWSKI e JIANG, 2010).

Sendo assim, o uso das medidas cepstrais na análise acústica fornece um meio de quantificação do distúrbio vocal, produzindo estimativas de aperiodicidade e/ou ruído aditivo sem a identificação de limites de ciclos individuais (DEJONCKERE & WIENEKE, 1996). Além de fornecer em comparação com outros modelos uma avaliação mais precisa, pois, consegue avaliar sinais de voz altamente desordenados

(WOLFE, MARTIN, & PALMER, 2000). O presente estudo abre espaço para o uso dessas medidas no plano clínico, pois, ainda não se encontram sistemas baseados nessas medidas e que possuam interface simples para utilização pelos clínicos.

Limitações na metodologia desse estudo e sugestões para pesquisas futuras devem ser observadas. Esse estudo usou como amostras de fala a emissão de vogal sustentada. Se sugere que em futuros estudos utilize-se amostras de fala encadeada para análise, pois, com outro tipo de amostra vocal será possível realizar a comparação entre vogal sustentada e fala encadeada e como as medidas cepstrais se comportam quanto à precisão da intensidade do distúrbio vocal em diferentes tarefas de fala. (AWAN, 2010). A presente pesquisa também visa a indução de outros estudos de acurácia que utilizem ponto de corte das medidas cepstrais para indivíduos falantes do português brasileiro, visto que as diferenças culturais podem influenciar na precisão do uso dessas medidas cepstrais. Vale ressaltar que o objetivo do presente estudo não foi a avaliação do ponto de corte nem o poder discriminatório das medidas cepstrais, mas foi analisar se existe associação entre a presença, a intensidade e o tipo de desvio vocal e as medidas cepstrais.

CONCLUSÃO

Existe correlação entre a presença de desvio vocal, a intensidade do desvio, a qualidade vocal predominante e as medidas cepstrais. Vozes desviadas apresentam menores valores do CPPS. O CPPS apresenta correlação positiva forte com a intensidade do desvio vocal e é capaz de diferenciar vozes com diferentes graus de desvio vocal. Também houve diferença nos valores do CPPS entre vozes rugosas, soprosas e tensas com maior média no grupo com tensão. Além disso, o CPPS correlaciona-se de forma positiva forte com o GS, positiva moderada com o GR, e negativa fraca com o GT.

REFERÊNCIAS

Awan SN, Roy N. Acoustic Prediction of Voice Type in Women with Functional Dysphonia. *J Voice*. 2005; Vol.19, No.2, pp. 268–282.

Awan SN. Estimating dysphonia severity in continuous speech: Application of a multi-parameter spectral/cepstral model. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2009; 23(11): 825–841.

Awan SN, Roy N, Jetté ME, Meltzner GS, Hillman RE. Quantifying dysphonia severity using a spectral/cepstral-based acoustic index: Comparisons with auditory-perceptual judgements from the CAPE-V. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2010; 24(9): 742–758.

Awan SN, Helou LB, Stojadinovic A, Solomon NP. Tracking voice change after thyroidectomy: application of spectral/cepstral analyses. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2011; 25(4): 302–320.

Awan SN, Solomon NP, Helou LB, Stojadinovic A. Spectral-Cepstral Estimation of Dysphonia Severity: External Validation, *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology* 122(1):40-48.

Awan SN, Roy N, Zhang D, Cohen SM. Validation of the Cepstral Spectral Index of Dysphonia (CSID) as a Screening Tool for Voice Disorders: Development of Clinical Cutoff Scores. *J Voice*, 2015; Vol.30, No. 2, pp. 1-15.

Awan SN, Watts RC, Maryn Y. A Comparison of Cepstral Peak Prominence Measures From Two Acoustic Analysis Programs. *J Voice*, 2016; Vol.31, No.3, pp. 387.e1–387.e10.

Barstie B, De Bodt M. Assessment of voice quality: current state-of-the-art. *Auris Nasus Larynx*. 2015; 42(3):183–8.

Barsties B, Maryn Y. External Validation of the Acoustic Voice Quality Index Version 03.01 With Extended Representativity. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2016; 125(7):571-83.

Brockmann-Bausser M, Drinnan MJ. Routine acoustic voice analysis: time to think again?. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011; 19(3):165-70.

Dancey C, Reidy J. *Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows*. Porto Alegre: Artmed; 2006.

Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G, Van De Heyning P, Remacle M, Woisard V. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques: Guideline elaborated by the Committee on Phoniatics of the European Laryngological Society (ELS). *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2001; 258: 77-82.

Dejonckere PH, Wieneke GH. Cepstral of normal and pathological voices: Correlation with acoustic, aerodynamic and perceptual data. In M. J. Ball, & M. Duckworth (Eds.), *Advances in Clinical Phonetics*. 1996; (pp. 217–226).

Fant G: *Acoustic theory of speech production*. Mouton, The Hague. 1960.

Godino L JL, Osma RV, Sáenz L N, Vilda GP, Blanco VM, Cruz RF. The effectiveness of the glottal to noise excitation ratio for the screening of voice disorders. *J Voice*. 2010; 24(1):47-56.

Hunter EJ, Titze IR. Quantifying vocal fatigue recovery: dynamic vocal recovery trajectories after a vocal loading exercise. *Ann Otol Rhinol Laryngol*.2009;118(6):449-60.

Kempster GB, Gerratt BR, Verdolini Abbott K, Barkmeier-Kraemer J, Hillman RE. Consensus auditory-perceptual evaluation of voice: development of a standardized clinical protocol. *Americ J of Speech-Lang Pathol*. 2009; 18: 124-32.

Lopes LW, Cavalcante DP, Costa PO. Intensidade do desvio vocal: integração de dados perceptivo-auditivos e acústicos em pacientes disfônicos. *CoDAS*. 2014; 26(5):382-8.

Lopes LW, Alves GAS, Melo LM. Evidência de conteúdo de um protocolo de análise espectrográfica. *Rev. CEFAC*. 2017 Jul-Ago; 19(4):510-528.

Lowell SY, Kelley RT, Awan SN, Colton RH, Chan NH. Spectral-and Cepstral-Based Acoustic Features of Dysphonic, Strained Voice Quality. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 2012, 121(8):539-548.

Lucero JC, Koenig LL. Simulations of temporal patterns of oral airflow in men and women using two-mass model of the vocal folds under dynamic control. *J Acoust Soc Am*. 2005; 117:1362-72.

Maryn Y, Weenink D. Objective dysphonia measures in the program Praat: smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. *J Voice*. 2015; V.29. P. 35-43.

McAllister A, Sederholm E, Ternström S, Sundberg J. Perturbation and hoarseness: a pilot study of six children's voices. *J Voice*. 1996; 10(3):252-61.

Pontes PAL, Vieira VP, Gonçalves MIR, Pontes AAL. Características das vozes roucas, ásperas e normais: análise acústica espectrográfica comparativa. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2002; 68(2):182-8.

Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Phys Ther*. 2005; 85(3):257-68.

Souza BO, Gama ACC. Apoio visual do traçado espectroográfico: impacto na confiabilidade da análise perceptivo auditiva da voz por avaliadores inexperientes.

Disturb Comun. 2015; 27(3):479-86.

Sprecher A, Olszewski A, Jiang JJ. Updating signal typing in voice: addition of type 4 signals. *J Acoust Soc Am*. 2010; 127(6):3710-16.

Titze IR, Baken R, Herzel H. Evidence of chaos in vocal fold vibration. San Diego: Singular Publishing, 1993. 373p.

Uloza V, Verikas A, Bacauskiene M, Gelzinis A, Pribuisiene R, Kasetta M, *et al.*. Categorizing normal and pathological voices: automated and perceptual categorization. *J Voice*. 2010; 25(6):700-8.

Watts CR., Awan SN. An Examination of Variations in the Cepstral Spectral Index of Dysphonia Across a Single Breath Group in Connected Speech, *J Voice*. 2015; 29(1):26-34.

Wolfe VI, Martin DP, Palmer CI. Perception of dysphonic voice quality by naïve listeners. *Journal of Speech and Hearing Research*. 2000; 43, 697–705.

Yamasaki R, Madazio G, Leão SHS, Padovani M, Azevedo R, Behlau M. Auditory-perceptual evaluation of normal and dysphonic voices using the voice deviation scale. *J Voice*. 2017; 31(1):67-71.

Zhang Y, Sprecher A, Wei C, Jiang J. Implantation of gelatin sponge combined with injection of autologous fat for sulcus vocalis. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2010; 143:198–203.

Tabela 1. Comparação as médias das medidas acústicas entre os grupos com e sem desvio vocal

VARIÁVEIS	VNQV		VOZES DESVIADAS		
	Média	DP	Média	DP	p-valor
CPPS	16,35	2,40	13,93	3,54	<0,001*
Declínio Espectral	-13,63	6,25	-14,74	6,51	0,139

Legenda: VNQV = variabilidade normal da qualidade vocal; DP = desvio padrão; CPPS = *cepstral peak prominence smoothed*

Tabela 2. Comparação das médias das medidas acústicas em função da intensidade do desvio vocal

Variáveis	Intensidade do desvio vocal							
	VNQV		Leve a moderado		Moderado		Intenso	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
CPPS	16,37	2,38	15,05	2,63	12,58	3,25	7,56	3,62
Declínio Espectral	-13,48	6,67	-15,10	7,16	-15,07	7,74	-12,78	8,75

*Valores significativos ($p \leq 0,05$)

Legenda: VNQV = variabilidade normal da qualidade vocal; CPPS = *cepstral peak prominence smoothed* DP = Desvio Padrão

Tabela 3. Comparação das medidas acústicas em função da qualidade vocal predominante

Variáveis	Qualidade Vocal Predominante						p-valor
	Rugosidade		Soprosidade		Tensão		
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
CPPS	13,75	3,62	12,5	3,15	15,5	3,11	<0,001*
Declínio Espectral	-14,94	5,81	-16,74	7,24	-10,58	5,79	<0,001*

*Valores significativos ($p \leq 0,05$)

Legenda: DP = desvio padrão; CPPS = *cepstral peak prominence smoothed*

Tabela 4. Correlação entre a intensidade do desvio vocal e os diferentes parâmetros acústicos

Variáveis	GG		GR		GS		GT	
	Correlação	Valor de p						
CPPS	-0,629	<0,001*	-0,536	<0,001*	-0,618	<0,001*	-0,150	0,001*
Declínio Espectral	0,050	0,272	-0,021	0,624	-0,145	0,001*	0,308	<0,001*

*Valores significativos ($p \leq 0,05$)

Legenda: CPPS = *cepstral peak prominence smoothed*; GG = grau geral; GR = grau de rugosidade; GS = grau de soproidade; GT = grau de tensão