

# Classificação de Sinais Vozes Patológicas por meio do Parâmetro de Hurst e LDA

Jayne dos Santos Lima, Thamyres T. C. Palitó, Silvana Cunha Costa e Suzete E. N. Correia

**Resumo**—Este trabalho apresenta uma análise de desempenho da utilização do parâmetro de Hurst, extraído pelo método da variância no tempo, para a detecção de patologias laríngeas. Testes de hipótese e um classificador baseado em Análise Discriminante Linear (LDA) são empregados para avaliação do potencial discriminativo do parâmetro de Hurst. Foi obtida uma eficiência de 98% na discriminação entre vozes saudáveis e vozes afetadas por paralisia nas pregas vocais.

**Palavras-Chave**— *Patologias Laríngeas, Parâmetro de Hurst, Método da Variância no tempo, Análise Discriminante Linear.*

**Abstract**—This paper presents a performance analysis of the use of the Hurst parameter extracted by the time variance method for detecting laryngeal diseases. Hypothesis tests and a classifier based on Linear Discriminant Analysis (LDA) are employed to assess the discriminative potential of the Hurst parameter. We obtained an efficiency exceeding 98% in discriminating between healthy voices and voices affected by vocal fold paralysis.

**Keywords**— *Laryngeal Pathology, Hurst Parameter, Time Variance Method, Linear Discriminant Analysis.*

## I. INTRODUÇÃO

A presença de patologias na laringe como Edemas de Reinke, cistos, nódulos e paralisia, por exemplo, causam mudanças nos padrões vibratórios nas pregas vocais, modificando a qualidade da voz.

Entre as medidas utilizadas na análise de séries temporais realizadas para a obtenção de características de sinais de voz, encontra-se o expoente de Hurst, que é uma ferramenta capaz de fornecer informações sobre correlação e persistência em uma série temporal [1].

O parâmetro de Hurst ( $H$ ) é uma medida estatística que tem sido proposta para processamento de sinais de voz, por representar o comportamento estocástico da voz [2], sendo robusta às distorções de um canal de transmissão, além de ter um baixo custo computacional, podendo ser obtida em tempo real, durante atividade da fala [3]. Quanto maior o valor do parâmetro de Hurst, maior é o impacto das auto-correlações no desempenho do sistema. Além disso, pequenas variações no parâmetro de Hurst denotam mudanças significativas no comportamento dos sinais, caracterizando o grau de desordem do mesmo [4].

Existem diversos estimadores estatísticos para o parâmetro de Hurst [5-7]. Neste trabalho é empregado o método da variância no tempo [7]. Pelo fato de um sinal de voz ser um processo aleatório com variações temporais, o método empregado consegue capturar melhor essas variações,

Jayne dos Santos Lima, Thamyres T. C. Palitó, Silvana Cunha Costa e Suzete E. N. Correia, Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa – PB, Brasil, E-mails: jayne@ieee.org, thamyrestamulla@gmail.com, silvana@ifpb.edu.br, suzete@ifpb.edu.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq – Projeto PIBITI.

resultando numa maior separação entre as classes de sinais saudáveis e provocadas pela presença de edema de Reinke e paralisia nas pregas vocais. Testes estatísticos são aplicados para avaliar o potencial discriminativo do parâmetro de Hurst e um processo de classificação é realizado usando Análise Discriminante Linear (LDA).

O texto está organizado da seguinte forma. Inicialmente, o método da variância no tempo é apresentado, seguido da metodologia empregada. Por fim, são apresentados os resultados obtidos e as conclusões do trabalho.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O parâmetro de Hurst, denotado por  $H$ , é uma medida que caracteriza o grau de auto-similaridade de um processo. Ao se observar um processo auto-similar em diferentes escalas de tempo, constata-se uma semelhança no padrão das amostras do processo. O valor desse expoente varia entre 0 e 1, com os valores acima de 0,5 representando correlações positivas e os valores abaixo correlações negativas. Para  $H = 0,5$  o sinal ou processo é aleatório [1].

### A. Método da Variância no Tempo

A série temporal original ( $X = X_i: i = 1, 2, \dots, N$ ) é dividida em  $N/m$  blocos de tamanho  $m$  e a série agregada  $X^{(m)}(k)$  é calculado como:

$$X^{(m)}(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=(k-1)m+1}^{km} X(i), \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

A variância da amostra para a seqüência agregada é calculado como:

$$\text{var}(X^{(m)}) = \frac{1}{N/m} \sum_{k=1}^{N/m} (X^{(m)}(k))^2 - \left( \frac{1}{N/m} \sum_{k=1}^{N/m} X^{(m)}(k) \right)^2 \quad (2)$$

Este processo é repetido para diferentes valores de  $m$ . O processo decresce linearmente em escala logarítma num intervalo  $-1 < \beta < 0$ . A variância temporal ou agregada é obtida traçando-se um gráfico  $\log(\text{var}(X^{(m)}))$  e novamente  $\log(m)$ , então os pontos estão situados sobre uma linha reta com  $-\beta$ ,  $0 < \beta < 1$ . Valores estimados de  $\beta$  sugerem auto-similaridade, e uma relação para o grau de auto similaridade é dada por,  $H = 1 - \beta/2$  [7].

## III. MATERIAIS E MÉTODOS

Os sinais de voz empregados são provenientes da emissão sustentada da vogal /ah/ e extraídos da base de dados comercial *Disordered Voice Database* gravada pelo *Massachusetts Eye and Ear Infirmary Voice and Speech Lab* [8]. Foram utilizadas 149 amostras no total, sendo 53 de vozes saudáveis (SDL) e 96

de vozes patológicas ( 44 sinais com edema de Reinke (EDM) e 52 com paralisia (PRL) nos nervos laríngeos).

Uma segmentação foi feita, com valores de segmentos de entre 800 e 24000 amostras. Para cada segmento é calculado o parâmetro de Hurst, obtendo-se um valor médio segmental.

Após a extração do parâmetro de Hurst é realizada a análise estatística, considerando um nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ) por meio do SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) [9]. A última etapa é a classificação dos sinais através de vozes entre saudáveis e patológicos, que é efetuada por meio da técnica LDA [10].

#### IV. RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos pelo teste estatístico de LEVENE, aplicado para o parâmetro de Hurst nas três classes de sinais: saudável, edema e paralisia. Foi aplicado o teste estatístico comparando os sinais de três formas distintas: saudável versus patológico, com edema e paralisia numa mesma classe (SDLxPAT); b) saudável versus edema (SDLxEDM); e c) saudável versus paralisia (SDLxPRL). O nível de significância para as três classes foi menor que 1%. O melhor potencial discriminativo foi obtido com uma série longa com 24000 amostras [11].

TABELA I. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA - TESTE DE LEVENE.

Classes	Nível de Significância	Desvio Padrão	Média
SDLxPAT	( $P < 0,001$ )	0,223	0,298
SDLxEDM	( $P < 0,001$ )	0,203	0,205
SDLxPAR	( $P < 0,001$ )	0,235	0,263

Na Figura 1 estão ilustrados os *boxplots* para as distribuições do parâmetro de Hurst para as três classes empregadas. É possível verificar que os sinais patológicos apresentam os maiores valores do parâmetro, demonstrando uma separabilidade entre as classes.

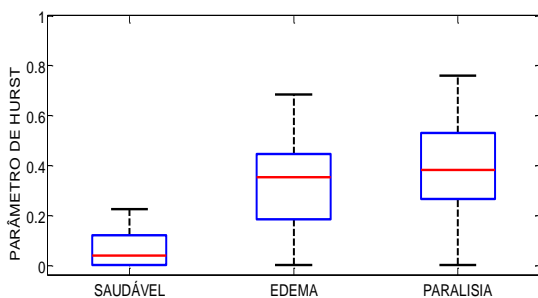


Fig. 1. Distribuição do Parâmetro de Hurst.

A análise de desempenho é realizada usando as medidas: Correta aceitação ( $CA$ ) - A presença da patologia é detectada quando a patologia está realmente presente, também chamada de Verdadeiro Positivo; Correta Rejeição ( $CR$ ) - É detectada a correta ausência da patologia; Falsa Aceitação ( $FA$ ) - É detectada a presença da patologia quando ela não está presente; Falsa Rejeição ( $FR$ ) - A presença da patologia é rejeitada quando, de fato, ela está presente; Eficiência ( $E$ ) - representa a correta classificação de uma determinada classe quando está presente, dada por:

$$E = \frac{CA+CR}{CA+CR+FA+FR} \times 100 \quad (3)$$

Na Tabela 2 estão os resultados obtidos para a avaliação de desempenho empregando a técnica de análise discriminante linear. Pode ser observado que a separação entre as classes saudável e edema (SDLxEDM) apresenta a melhor eficiência.

TABELA II. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.

Classes	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	E (%)
SDLxPAT	89,83	100	0	10,17	94,91
SDLxEDM	78,57	100	0	21,43	89,29
SDLxPAR	96,57	100	0	3,23	98,39

#### V. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi avaliado o desempenho do parâmetro de Hurst obtido a partir do método da variância no tempo para a detecção de vozes patológicas. A utilização do parâmetro de Hurst como característica de discriminação desses sinais de vozes, se mostra promissor na discriminação entre vozes saudáveis e patológicas, apresentando uma taxa de eficiência superior a 98%. Pelo fato de um sinal de voz ser um processo aleatório com variações temporais, o método empregado consegue capturar melhor essas variações, resultando num melhor desempenho na separação entre as classes de sinais.

Como trabalhos futuros pretende-se empregar outros classificadores, tais como Máquinas de Vetor de Suporte, além de avaliar o desempenho do sistema com sinais de vozes afetados por outras patologias laríngeas.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFCG pelo fornecimento da base de dados.

#### REFERÊNCIAS

- [1] A. C. Soterroni, M. O. Domingues, F. M. Ramos, "Estimativa do expoente de hurst de séries temporais caóticas por meio da transformada wavelet discreta", *Brazilian Conference on Dynamics, Control and Applications*, 2008.
- [2] P. C. Fantinato. Segmentação de Voz baseada na análise fractal e na transformada wavelet. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008, 123 p.
- [3] R. Sant'ana, R. Coelho and A. Alcaim, "Text-Independent Speaker Recognition Based on the Hurst Parameter and the Multidimensional Fractional Brownian Motion Model", *IEEE Transactions On Audio, Speech and Language Processing*, VOL. 14, NO. 3, May, 2006.
- [4] D. Gomes, N. Fonseca, N. Agoulmine, e J. N. Souza, "Neurocomputação na Estimativa do Parâmetro de Hurst", *19º Simpósio Brasileiro de redes de Computadores*, Santa Catarina, Brasil, pp. 306-321, 2001.
- [5] G. Vaziri, F. Almasganj and M. S. Jenabi, "On the Fractal Self-Similarity of Laryngeal Pathologies Detection: The estimation of Hurst parameter", *Proc. of the 5th Int. Conf. on Information Technology and Application in Biomedicine*, p. 383-386, 2008.
- [6] T. Higuchi, "Approach to an irregular time series on the basis of the fractal theory", *Physics D.*, vol. 31, pp. 277-283, 1988.
- [7] H. Yilmaz, "IP over DVB: Management of Self-similarity", Bogazici University, 2002.
- [8] K. Elemetrics, Kay Elemetrics Corp. Disordered Voice Database, model 4337, 03 Ed, 1994.
- [9] IBM. IBM SPSS Statistics, v. 19, 2010.
- [10] A.R. Santos, Identificação de faces humanas através de PCA-LDA e redes neurais SOM. Dissertação de Mestrado, USP, São Carlos-SP, 2005.
- [11] J.S. Lima, T.T.C. Palitó, S.C. Costa, S.E.N. Correia, Avaliação estatística do uso do parâmetro de Hurst na discriminação entre vozes saudáveis e vozes patológicas. In: VI Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica - VI CONNEPI, Anais do VI CONNEPI, 2011.