

O USO DA ENTROPIA NA DISCRIMINAÇÃO DE VOZES PATOLÓGICAS

**Silvana COSTA (1); Suzete CORREIA (2); Hanniere FALCÃO (3); Náthalee ALMEIDA (4);
Fagner ASSIS (5).**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba - CEFET-PB,
Coordenação de Telecomunicações, Av. Primeiro de Maio, 720 -- Jaguaribe
Fone: (83) 8866-2280, e-mail: silvana@cetefpb.edu.br

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba - CEFET-PB, e-mail: suzete@cetefpb.edu.br

(3) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba - CEFET-PB, e-mail: hanniereheim@yahoo.com.br

(4) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba - CEFET-PB, e-mail: nathalee.telecom@gmail.com

(5) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba - CEFET-PB, e-mail: fagneroliveira1000@hotmail.com

RESUMO

Técnicas de processamento digital de sinais têm sido usadas para analisar desordens vocais provocadas por patologias na laringe. Exames laringoscópicos usados na detecção dessas patologias são técnicas invasivas que causam desconforto ao paciente. Análises acústicas das características temporais e espectrais do sinal de voz podem ser utilizadas como técnica auxiliar a laringoscopia, para pré-diagnósticos dessas patologias, bem como no acompanhamento de tratamentos farmacológicos e pós-cirúrgicos. Neste trabalho, pretende-se investigar o comportamento de medidas de entropia em sinais de vozes desordenadas por influências de patologias nas cordas vocais. Serão implementadas as medidas de Entropia de Shannon e Entropia Relativa, comparando-se o comportamento para vozes normais e vozes patológicas com edemas nas cordas vocais. Será então, verificada a eficácia do uso de medidas de entropia na discriminação entre vozes normais e vozes patológicas.

Palavras-chave: entropia, patologias da voz, processamento digital de sinais de voz.

1. INTRODUÇÃO

A presença de patologias nas cordas vocais causa mudanças significativas em seus padrões vibratórios, afetando a qualidade da produção vocal.

Há uma grande variedade de doenças que causam modificações na voz. Algumas estão relacionadas ao trato vocal, enquanto outras são provocadas por doenças neuro-degenerativas (DAVIS, 1979; QUECK et al, 2002).

Patologias da laringe como nódulos nas cordas vocais, pólipos, cistos e paralisia dos nervos laríngeos, por exemplo, podem ser corrigidos por meio de: terapia vocal, cirurgia e, em alguns casos, radioterapia (MARTINEZ e RUFINER, 2000).

É reconhecido que doenças vocais não causam necessariamente mudanças na qualidade da voz a nível de percepção dos ouvintes (GODINO - LLORENTE et al, 2006). Porém, a desordem na voz é perceptível quando o sinal acústico correspondente é observado. Logo, doenças que provocam alterações vocais podem ser diagnosticadas, acompanhadas e tratadas por técnicas baseadas na análise acústica do sinal de voz.

A comunidade médica utiliza diversas técnicas para avaliar a qualidade vocal do paciente. Algumas são técnicas subjetivas, baseadas na avaliação da qualidade da voz pela audição do médico especialista, sendo essas, totalmente dependentes da experiência do profissional. Outras permitem a inspeção direta das cordas vocais através do uso de técnicas laringoscópicas como: vídeolaringoscopia (exame com um instrumento de fibra óptica), vídeostroboscopia (iluminação estrófica da laringe, útil para a visualização dos movimentos), eletromiografia (observação indireta do estado funcional da laringe) e vídeofluoroscopia (técnica radiográfica na qual o paciente ingere uma determinada quantidade de uma substância rádio-opaca para avaliar a deglutição). Essas técnicas, embora sejam mais objetivas e eficientes, são consideradas invasivas e causam desconforto aos pacientes, além de utilizarem instrumentos sofisticados e caros como fontes de luz especial, instrumentos endoscópicos e câmeras de vídeo especializadas (AGUIAR NETO, 2007; ALONSO et al, 2005). A simplicidade e a sua natureza não invasiva têm feito das técnicas de processamento digital de sinais, por meio da análise acústica, uma eficiente ferramenta para o diagnóstico de desordens vocais provocadas por patologias da laringe, classificação de doenças da voz e sua pré-deteção. Essas técnicas podem ser utilizadas para a determinação de alterações da forma vocal, avaliações de cirurgias, tratamentos farmacológicos e acompanhamentos de reabilitação (GODINO - LORENTE et al, 2006).

A análise acústica pode ser aplicada como técnica auxiliar e complementar para os métodos baseados na inspeção direta das cordas vocais, diminuindo a regularidade dos exames mais invasivos.

Indo além da área médica, a análise acústica é assunto de interesse para o controle da qualidade vocal de locutores, cantores, professores, etc. Profissionais que tem a voz como instrumento de trabalho.

Vários sistemas de detecção automática de patologias da laringe têm sido desenvolvidos ultimamente. Diversos são os métodos utilizados e diferentes níveis de sucesso são obtidos na separação entre vozes saudáveis e patológicas. Alguns são baseados em medidas derivadas da frequência fundamental da voz como: perturbações de frequências (*jitter*), perturbações de amplitude (*shimmer*), como abordados em Dajer (2006). Em casos de patologias severas, onde o sinal tem características severamente ruidosas, torna-se difícil a extração da frequência fundamental da voz. Assim, as técnicas que se baseiam em medidas do *pitch*, tornam-se ineficientes.

Outros métodos baseiam-se no modelo linear de produção da fala, através da avaliação do comportamento do sinal por técnicas de predição linear e análise cepstral (AGUIAR NETO, 2007).

A modelagem do mecanismo de produção da fala por um modelo linear, sendo uma aproximação do modelo real, requer um complexo modelamento matemático, com inúmeras equações, para se aproximar ao máximo do modelo real.

Os trabalhos mais recentes vêm investigando o modelo não-linear procurando explorar as características não-lineares inerentes ao modelo de produção da fala como: expoentes de Lyapunov, dimensão de correlação, Ziv-Lempel e entropia de Kolmogorov (ALONSO et al, 2005; TORRES et al, 2003; KUMAR e MULLICK, 1996; KOKKINOS e MARAGOS, 2005).

Neste trabalho pretende-se usar uma abordagem não-linear através das medidas de complexidade: entropia de Shannon e entropia relativa, apresentando um estudo comparativo de suas eficiências na discriminação de

vozes normais e patológicas com edema nas cordas vocais. O processo de detecção da presença da patologia será efetuado através de uma regra de decisão, utilizando a medida de distorção do erro médio quadrático mínimo, realizada após a quantização dos valores de entropia segmentais obtidos, através de um quantizador linear.

2. A PRODUÇÃO DA VOZ E OS EDEMAS NAS CORDAS VOCAIS

A voz humana é produzida pela liberação do ar dos pulmões pelo diafragma para o trato vocal, e é modificada pela boca, lábios e língua. O trato vocal é uma estrutura tubular formada pelas cavidades que vão desde as pregas vocais até os lábios e as narinas. Esse processo produz uma sequência de pulsos, cuja frequência fundamental (*pitch*) é controlada pela pressão do ar e pela tensão e comprimento das cordas vocais.

Os modelos lineares de análise acústica de sinais de voz são relacionados à extração de parâmetros estatísticos específicos baseados no modelo linear de produção da fala. Alguns deles podem ser conferidos em Aguiar Neto (2007) e Costa (2004), como por exemplo: energia, frequência fundamental, formantes, espectro LPC, coeficientes de predição linear, coeficientes cepstrais, perturbações de frequência (*jitter*) e perturbações de amplitude (*shimmer*).

O estudo em tela é focado em casos de desordens vocais provocadas por edemas nas pregas ou cordas vocais.

Edemas são alterações da mucosa da laringe, geralmente relacionadas ao acúmulo de líquidos, inchaço e irritações em algum lugar das pregas vocais. Isso pode ocorrer profundamente ou em camadas superficiais das mesmas. A causa dessas patologias está geralmente relacionada à exposição a fatores irritantes externos, especialmente o tabagismo, alcoolismo, uso de drogas, ar condicionado (provoca ressecamento das cordas vocais), infecções das vias aéreas superiores como a sinusite e ao uso excessivo e abusivo da voz, o mais importante fator.

Os edemas bilaterais, presente na maioria dos casos utilizados neste trabalho, são denominados Edema de Reinke ou laringite crônica. A Figura 1 abaixo mostra cordas vocais normais fechadas e abertas e cordas vocais com o Edema de Reinke, com inchaço aparente:

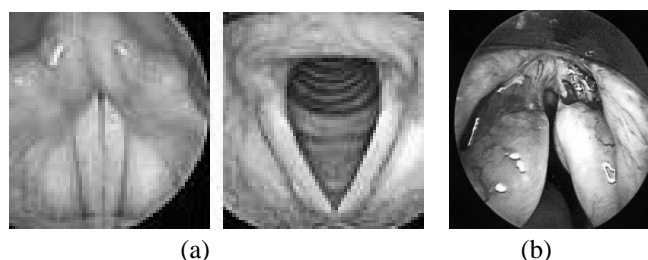


Figura 1 - Pregas vocais: (a) normais fechadas e abertas; (b) com Edema de Reinke.

Patologias como edemas nas pregas vocais afetam os componentes do sistema vibratório, produzindo uma vibração mais irregular. Pregas vocais patológicas podem apresentar mudanças nos seus movimentos vibratórios por causa de alterações na sua elasticidade, inchaço, etc.

As mudanças morfológicas das pregas vocais provocam modificações significativas no sinal acústico. Em casos onde a voz do paciente tem um alto nível de desordem devido a uma patologia severa, há uma grande dificuldade em se obter a frequência fundamental (*pitch*) e parâmetros derivados dela.

Devido a essas dificuldades e a grande quantidade de equações necessárias no modelo linear de análise acústica, muitos trabalhos vêm utilizando métodos de análise dinâmica não-linear para caracterização e classificação dos sinais de voz. As técnicas baseadas nas medidas de dimensão de correlação e expoentes de Lyapunov (ALONSO et al, 2005; KUMAR e MULLICK, 1996), entropia aproximada (ApEn), Ziv-Lempel e divergência de Kullback (TORRES et al, 2003), entropia de Kolmogorov (KUMAR e MULLICK, 1996) têm sido investigadas. Neste estudo foi observado o comportamento de vozes normais e patológicas com edema para duas medidas de complexidade derivadas da teoria da informação, a entropia de Shannon e a entropia relativa, em busca de uma eficiente separação e diagnóstico.

3. MEDIDAS DE COMPLEXIDADE

Nesta seção é feita uma breve fundamentação das medidas de complexidade utilizadas neste trabalho.

3.1. Entropia de Shannon

A entropia de Shannon, proveniente da teoria da informação, pode ser definida como uma medida de incerteza probabilística associada a uma distribuição de probabilidade. A noção de entropia está ligada ao grau de desorganização existente na informação. É calculada pela equação:

$$H = - \sum_{k=1}^M p_k \cdot \log_2(p_k) \quad [Eq. 01]$$

Em que p_k é a probabilidade de ocorrência de uma determinada amostra e M é o número total de amostras do alfabeto.

3.2. Entropia Relativa

A entropia relativa ou distância de Kullback é uma medida de distância estatística (semelhança) entre duas distribuições definidas sobre um mesmo alfabeto e é definida por:

$$D(p|r) = \sum_{i=1}^M p_i \cdot \log_2(p_i/r_i) \quad [Eq. 02]$$

Sendo p_i e r_i probabilidades de eventos diferentes.

4. BASE DE DADOS E MÉTODOS

4.1. Base de Dados

Os dados utilizados neste trabalho fazem parte da base de dados desenvolvida pelo *Massachusetts Eye and Ear Infirmary (MEEI) Voice and Speech Lab (Kay Elemetrics, 2006)*. Essa base de dados foi construída para auxílio na análise perceptual de vozes desordenadas para aplicações clínicas e de pesquisa, e tem sido largamente utilizada em diversos trabalhos relacionados à análise acústica de sinais de voz.

Neste trabalho foram utilizadas no total 93 amostras, das quais 43 são sinais de voz patológica com edema: 32 de voz feminina (de 17 a 85 anos de idade) e 11 de voz masculina (de 23 a 63 anos de idade), a maioria delas com edemas bilaterais. A base de dados de voz normal é composta por 50 sinais: 21 masculinos (de 26 a 59 anos de idade) e 29 femininos (22 a 52 anos de idade).

Todos os sinais utilizados são da vogal sustentada /a/ com duração de 1 a 3 segundos, frequência de amostragem de 25 k Hz e 16 bits. Para o estudo da presença de patologias da laringe baseados na gravação de voz, é muito comum o uso de vogais sustentadas (ALONSO et al, 2005).

4.2. O Uso de Vogais Sustentadas na Análise de Patologias da Laringe

Os sons da voz são classificados dentro de três classes distintas de acordo com o modo de excitação: sons sonoros, sons surdos e sons plosivos.

4.2.1. Sons Sonoros

Na produção dos sons sonoros são obtidas ondas de pressão quase periódicas excitando as cordas vocais, atuando como um ressonador e modificando o sinal de excitação, produzindo frequências de ressonância que caracterizarão os diferentes sons sonoros (RABINER e SCHAFER, 1978).

4.2.2. Sons Surdos

Na geração dos sons surdos, é produzida uma constrição em algum ponto do trato vocal (usualmente próximo ao final da boca), assim o ar adquire velocidade suficientemente alta para produzir turbulência

gerando uma fonte de ruído de espectro largo (semelhante ao ruído branco) para excitar o trato vocal. Na produção desses sons a glote permanece aberta não havendo vibração das cordas vocais (RABINER e SCHAFER, 1978).

4.2.3. Sons Plosivos

Na geração dos sons plosivos (ou explosivos), o ar é totalmente dirigido à boca, estando esta completamente fechada. Com o aumento da pressão, a oclusão é rompida bruscamente, gerando um pulso que excita o aparelho fonador.

As vogais se enquadram na classe dos sons sonoros e em geral fazem vibrar as cordas vocais, dessa forma, com esse tipo de amostra é possível observar as alterações provocadas pelas patologias que atingem essa região do trato vocal, o que ajuda na separação entre vozes saudáveis e vozes com patologias nas cordas vocais, foco deste estudo.

4.3. A Segmentação do Sinal de Voz na Análise Acústica

Um dos principais desafios na modelagem de um sinal de voz é lidar com sua variabilidade. Essa variabilidade surge da natureza dinâmica do trato vocal. Um sinal de voz é estatisticamente variante no tempo. Em todas as aplicações práticas de processamento de sinais, é necessário trabalhar com “pequenas porções” ou *frames* (quadros) do sinal, a não ser que o mesmo seja de curtíssima duração.

A segmentação do sinal possibilita uma característica estacionária nesses intervalos, mantendo uma uniformidade nas médias temporais e estatísticas (RABINER e SCHAFER, 1978). Costuma-se trabalhar com segmentos de 16 a 32 ms.

5. EXTRAÇÃO DE PARÂMETROS E PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO

5.1. Extração de Parâmetros

Neste trabalho a entropia de Shannon e a entropia relativa são usadas como parâmetros para discriminar sinais de voz normais de sinais de voz patológicos. Para obtenção dessas medidas, os sinais a serem processados foram normalizados para que houvesse uma padronização dos níveis de amplitude (devido a normalização, todas as amplitudes do sinal ficam contidas entre 0 e 1) e segmentados em trechos de 20 ms.

Para cada um dos segmentos, foi gerado um histograma (número de amostras por amplitude) e através deste foram obtidas as probabilidades de ocorrência de cada amostra. Tais probabilidades foram empregadas para calcular a entropia de cada segmento. No caso da entropia relativa foi considerada a distribuição de probabilidade entre dois segmentos subsequentes.

5.2. Processo de Discriminação de Vozes Patológicas

Foi verificado que a duração média dos sinais de vozes patológicas era de cerca de 1 segundo, enquanto que os sinais de vozes normais tinham cerca de 3 segundos. Para segmentos de análise em torno de 20 ms, obtinha-se para a voz patológica, cerca de 50 segmentos, enquanto que para a voz normal, aproximadamente 150 segmentos. Optou-se, para este trabalho, pela utilização de um quantizador linear com 32 níveis. Dessa forma, reduz-se a dimensionalidade dos dados, espaço de armazenamento e tempo de processamento na fase de classificação.

A partir dos valores extraídos, os sinais foram submetidos a uma técnica de quantização linear, implementada separadamente para os dois modelos de entropia utilizados na pesquisa.

São duas as principais etapas no processo: treinamento e teste (ou classificação). Na fase de treinamento é feita a quantização das medidas de entropia, onde é utilizado um quantizador para cada uma das medidas de entropia. Para a fase de treinamento foram utilizados 16 sinais de vozes afetadas por edemas. Na fase de teste ou classificação, foram utilizados os demais sinais da base de dados, além dos sinais de vozes normais.

Para classificar os sinais como patológicos ou normais, foi utilizada a medida de distorção do erro médio quadrático mínimo, para verificar a semelhança entre as medidas armazenadas na fase de treinamento e as medidas de entropia extraídas dos sinais de teste.

5.3. Limiar de Decisão

Na última etapa do processo de discriminação de vozes patológicas e normais, após a quantização, é adotado um valor de limiar para a medida de distorção, que melhor represente a separação entre as classes.

A escolha do melhor limiar e a avaliação do desempenho do quantizador para cada modelo de entropia foi feita através do uso das seguintes medidas (GODINO-LORENTE, 2006):

- Correta aceitação (CA): É detectada a presença de patologia quando realmente existe.
- Correta rejeição (CR): É detectada corretamente a ausência de patologias.
- Falsa aceitação (FA): É detectada a presença de patologia erroneamente.
- Falsa rejeição (FR): A presença da patologia é rejeitada quando ela de fato está presente.
- Especificidade (SP): Representa a probabilidade de a patologia ser rejeitada quando ela não existe.

$$E = 100. \frac{CR}{CR + FA} \quad [Eq. 03]$$

- Sensitividade (SE): Representa a probabilidade da patologia ser detectada quando presente.

$$E = 100. \frac{CA}{CA + FR} \quad [Eq. 04]$$

- Eficiência (E): Representa a correta classificação de uma dada classe presente (voz normal ou patológica).

$$E = 100. \frac{CR + CA}{CR + CA + FR + FA} \quad [Eq. 05]$$

6. RESULTADOS OBTIDOS

Os primeiros resultados válidos foram obtidos ainda na observação das diferenças temporais das formas de onda de vozes normais e patológicas como mostra a Figura 2. Observa-se que o sinal de voz normal apresenta o aspecto de uma onda periódica, o que é usual em uma vogal /a/ sustentada. O mesmo não se observa para o sinal de voz patológica, que é afetado na amplitude e na frequência fundamental (*pitch*). Em casos de patologias mais severas, a extração da frequência fundamental pode ser comprometida, devido às distorções do sinal.

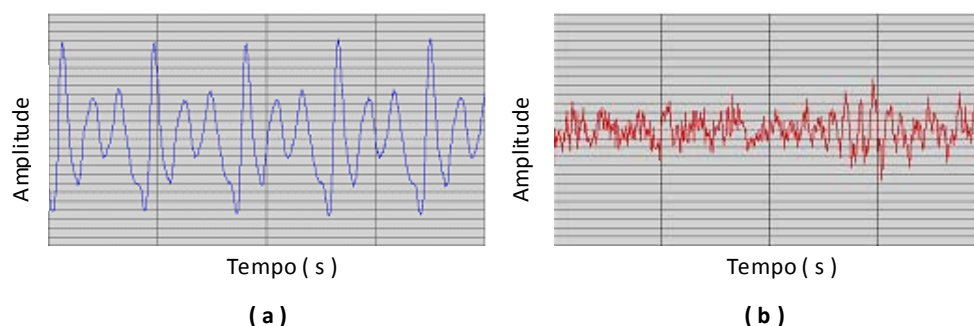


Figura 2 - Formas de onda de um trecho de 20 ms da vogal /a/ sustentada para voz: (a) normal; (b) patológica com edema.

Os resultados referentes à quantização linear podem ser visualizados nas Figuras 3 e 4, que mostram respectivamente a distribuição das distorções de erro médio quadrático mínimo dos sinais quantizados, para a entropia de Shannon segmental e para a entropia relativa.

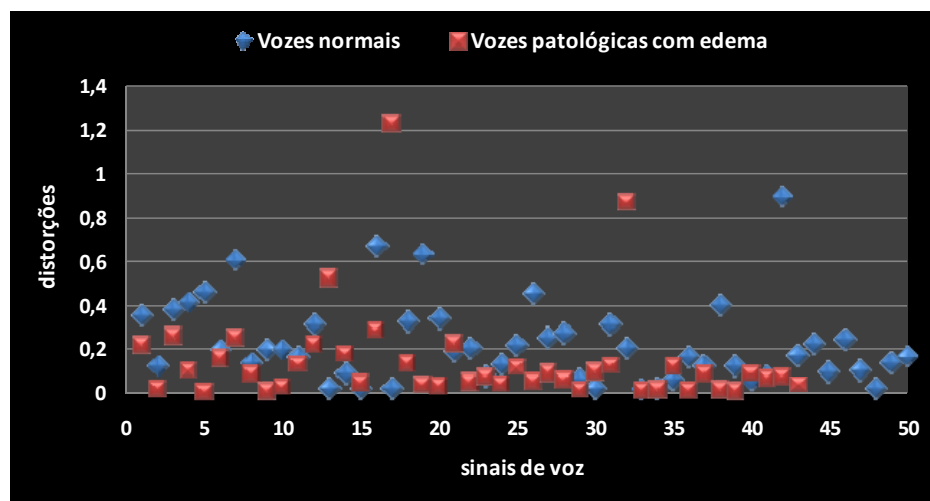


Figura 3 - Comportamento da distorção do erro médio quadrático mínimo para entropia de Shannon segmental para sinais de voz normal e patológica com edema.

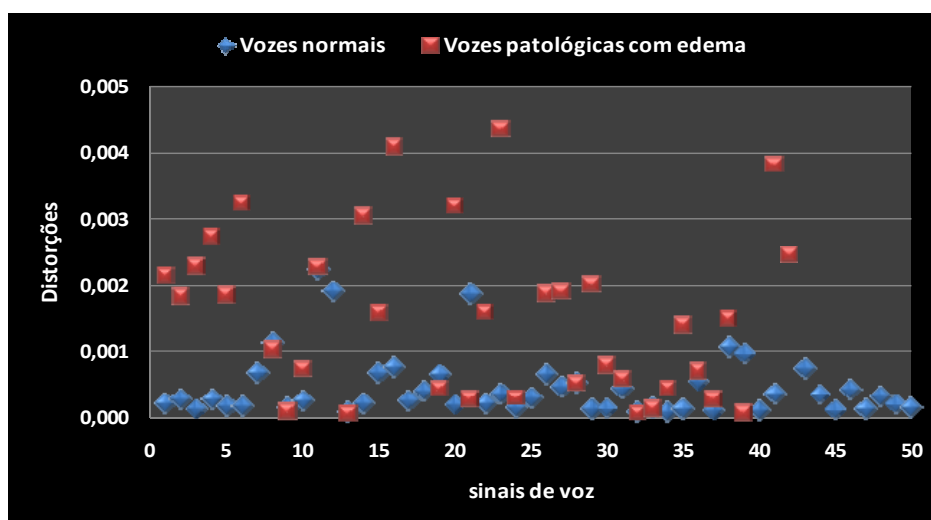


Figura 4 - Comportamento da distorção do erro médio quadrático mínimo para entropia relativa de sinais de voz normal e patológica com edema.

Através dos gráficos das Figuras 3 e 4 pode-se observar a relevância de cada parâmetro na classificação das vozes patológicas. A melhor medida será aquela que oferecer uma melhor separação entre as classes (normal e patológica).

Os resultados obtidos na quantização, utilizando os valores da entropia relativa, são visivelmente mais satisfatórios, possibilitando uma maior facilidade na obtenção do limiar de corte. Para a entropia de Shannon por segmentos não há uma separação bem definida entre vozes normais e patológicas, já que os valores de distorção estão mais próximos e em sua maioria concentrados abaixo de 0,6.

A Tabela 1 e a Figura 5 apresentam uma comparação dos resultados das medidas utilizadas na escolha do limiar para a discriminação das classes, para os dois métodos estudados.

Tabela 1 - Avaliação de desempenho das entropias de Shannon e relativa.

Entropia	CR	CA	FA	FR	Eficiência	Especificidade	Sensitividade
Shannon	72%	74%	28%	26%	73%	72%	74%
Relativa	82%	72%	18%	28%	77%	82%	72%

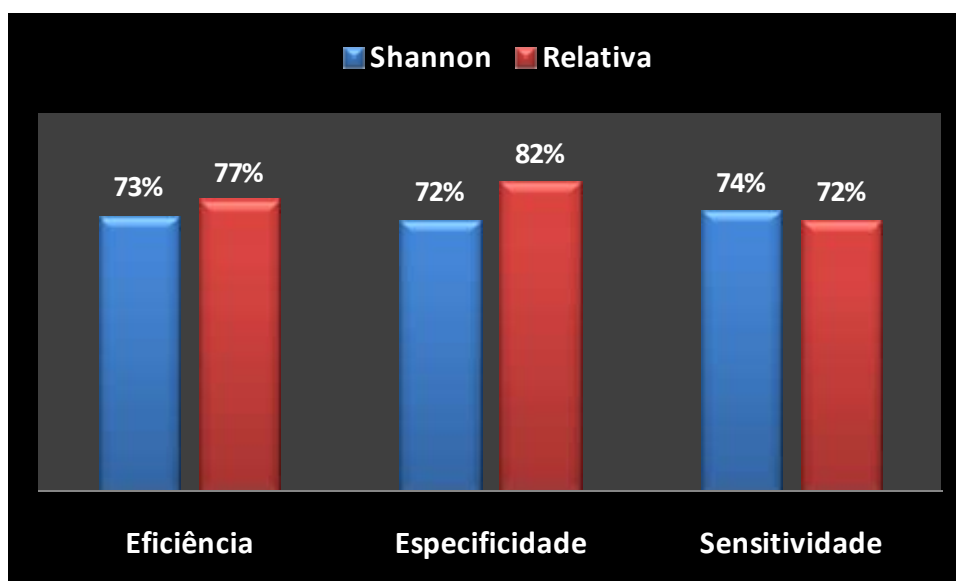


Figura 5 - Medidas de desempenho obtidas para a entropia de Shannon e a entropia relativa.

Pode-se averiguar que a entropia relativa apresenta um melhor desempenho em relação à entropia de Shannon, sendo mais eficiente na separação de vozes normais e patológicas com edemas mesmo tendo uma taxa um pouco maior de falsa rejeição.

O resultado da curva ROC, na Figura 6, para os dois métodos utilizados, também reafirma a superioridade da entropia relativa, já que a área sob a curva para esta medida é maior que para a entropia de Shannon.

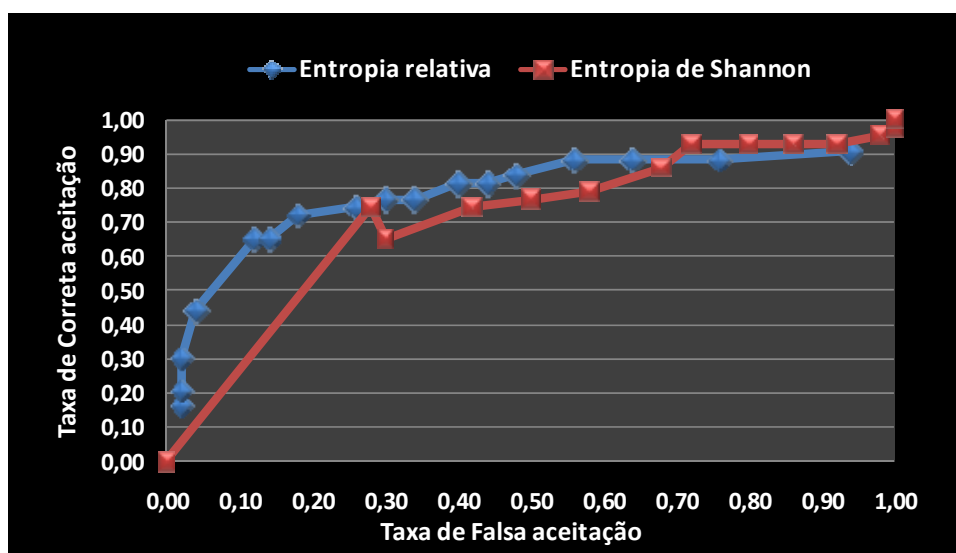


Figura 6 - Curva ROC obtida para a entropia de Shannon e entropia relativa.

7. CONCLUSÃO

O estudo de técnicas não-lineares precisas para diagnósticos de vozes patológicas ainda é uma área em desenvolvimento, principalmente no tocante a discriminação entre diferentes tipos de patologias.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que o uso da entropia para discriminar vozes patológicas de vozes normais é bastante interessante e que a entropia relativa é mais eficiente para discriminar vozes

normais de vozes patológicas do que a entropia de Shannon. Tal fato é esperado, uma vez que a entropia relativa mede a similaridade entre dois segmentos consecutivos de um sinal de voz. Em busca de melhores resultados outros tipos de classificador como: redes neurais artificiais e o método, Modelo de Markov Escondido (HMMs), serão utilizados na separação entre essas classes.

Na continuidade da pesquisa, pretende-se observar o comportamento de outras patologias para as mesmas medidas de entropia apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETO, B.G.; COSTA, S.C.; FECHINE, J.M; MUPPA, M. **Feature estimation for vocal fold edema detection using short-time term cepstral analysis**. In: 7TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOINFORMATION AND BIOENGINEERING, Conference Center at Harvard Medical School, Boston, EUA. Outubro, 2007.

ALONSO, J. B.; DÍAZ-DE-MARÍA, F.; TRAVIESO, C.M.; FERRER, M.A. **Using nonlinear features for voice disorder detection**. In: 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-LINEAR SPEECH PROCESSING, 2005, Barcelona. **Anais... p.94-106**. Abril 2005.

COSTA, S. C. **Processamento digital de sinais aplicado à oralização de surdos**. 2004. 59p. Projeto de pesquisa (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. Agosto, 2004.

DAJER, M.E. **Padrões visuais de sinais de voz através de técnica de análise não-linear**. 2006. 103p. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Interunidades em Bioengenharia: Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

DAVIS, S.B. **Acoustic characteristics of normal and pathological voices**, *Speech and Language: Advances in basic research and practice*, Vol. 1, PP. 271-335, 1979.

GODINO-LLORENTE, J.I.; GOMES-VILDA,P.; BLANCO-VELASCO, M. **Dimensionality reduction of a pathological voice quality assesment system based on gaussian mixture models and short-term cepstral parameters**. In: IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, Vol. 53, No. 10, p. 1943-1953. Outubro, 2006.

KUMAR, A.; MULLICK, S.K. **Nonlinear dynamical analysis of speech**. In: ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, Vol.100, No 1, pp. 615-629. Julho,1996.

KOKKINOS, I.; MARAGOS, P. **Nonlinear speech analysis using models for chaotic systems**.In: IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING, vol. 13, No 6, P. 1098 – 1109. Novembro 2005.

MARTINEZ, C.E.; RUFINER, H.L. **Acoustic Analysis of speech for detection of laryngeal pathologies**. In: ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2000. PROCEEDINGS OF THE 22nd ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE. Vol 3, p.2369-2372, Chicago, EUA. Julho, 2000.

PETRY, A.; ZANUZ, A.; BARONES, D.A.C. **Reconhecimento automático de pessoas pela voz através de técnicas de processamento digital de sinais**. Disponível em:
<http://servidor.laps.ufpa.br/~adalbery/material/voz/Reconhecimento/RECONHECIMENTO_AUTOMATIC_O_PESSOAS_VOZ.pdf> Acessado em 24 de Agosto de 2007.

QUECK, F.; HARPER, Y.; HACIAHMETOGLU, Y.; CHEN, L.; RAMING, L.O. **Speech pauses and gestural holds in Parkinson's disease**. In: PROCEEDINGS2002 OF INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPOKEN LANGUAGE PROCESSING, p. 2485-2488, 2002.

RABINER L. R. E SCHAFER R. W., **Digital processing of speech signals**. New Jersey: Prentice-Hall, 1978.

TORRES, M.E.; GAMERO, L.G.; RUFINER, H.L.; MARTÍNEZ, C.; MILONE, D.H.; SCHLOTTHAUER, G. **Study of complexity in normal and pathological speech signals**. In: ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2003. PROCEEDINGS OF THE 25TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, Vol. 3, p. 2339 – 2342, Setembro, 2003.

KAY ELEMETRICS CORP. DISORDERED VOICE DATABASE, model 4337, 03 Ed, 1994.

<<http://boasaude.uol.com.br/lib/ShowDoc.cfm?LibDocID=4876&ReturnCatID=1787>> Acessado em 1 de Setembro de 2007.

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/voz2.htm>> Acessado em 1 de Setembro de 2007.