



SENAI CIMATEC

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Dissertação de mestrado

**Análise de padrões no comportamento da leitura, via
método DFA.**

Apresentada por: Florêncio Mendes Oliveira Filho
Orientador: Gilney Figueira Zebende

Novembro - 2013

Florêncio Mendes Oliveira Filho

Análise de padrões no comportamento da leitura, via método DFA.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Curso de Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Área de conhecimento: Sistemas complexos

Orientador: Gilney Figueira Zebende
SENAI CIMATEC

Salvador, BA
SENAI CIMATEC
2013

Nota sobre o estilo do PPGMCTI

Esta dissertação de mestrado foi elaborada considerando as normas de estilo (i.e. estéticas e estruturais) propostas aprovadas pelo colegiado do Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e estão disponíveis em formato eletrônico (*download* na Página Web http://ead.fieb.org.br/portal_faculdades/dissertacoes-e-teses-mcti.html ou solicitação via e-mail à secretaria do programa) e em formato impresso somente para consulta.

Ressalta-se que o formato proposto considera diversos itens das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entretanto opta-se, em alguns aspectos, seguir um estilo próprio elaborado e amadurecido pelos professores do programa de pós-graduação supracitado.

SENAI CIMATEC

Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, leram e recomendam a aprovação [com distinção] da Dissertação de mestrado, intitulada “Análise de padrões no comportamento da leitura, via método DFA.”, apresentada no dia (09) de (Novembro) de (2013), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Orientador:

Prof. Dr. Gilney Figueira Zebende
SENAI CIMATEC

Membro externo da Banca:

Prof. Dr. Juan Alberto Leyva Cruz
Departamento de Física - UEFS

Membro interno da Banca:

Prof. Dr. Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves
SENAI CIMATEC

Dedico este trabalho a toda minha família, em especial a minha mãe Maria de Lourdes, minha esposa Pollyana, aos meus filhos João Florêncio e Flora pelo apoio, carinho e compreensão nas minhas ausências.

Agradecimentos

A Deus, pelo dom da vida;

Ao professor Dr. Gilney Figueira Zebende, pela amizade, orientação e dedicação a pesquisa;

Ao Sistema SESI / FIEB , por ter proporcionado parte dos recursos financeiros para a minha manutenção no programa;

A Cristina Andrade, Sheila Bahia e Alvina Isabel pela ajuda e compreensão nas ausências;

Aos meus colegas de departamento de matemática do SESI - Piatã pelo incentivo e colaboração;

Aos docentes e discentes da Escola Djalma Pessoa pela contribuição e participação nas gravações e entendimento da importância da pesquisa;

Aos colegas do Mestrado e Doutorado pelo incentivo e contribuição, em especial aos colegas Arleys Pereira Nunes Castro e Aloisio Machado da Silva Filho;

A todos os professores do MCTI pela contribuição e paciência frente ao meu aprendizado.

Salvador, Brasil
09 de Novembro - 2013

Florêncio Mendes Oliveira Filho

Resumo

Esta dissertação tem como objetivo maior identificar padrões na leitura gravada de indivíduos sob forma invariável, sem padrão, ou seja, assistemático, usando o método DFA (*Detrended Fluctuation Analysis*). Sendo assim, para uma amostra de 40 pessoas, gravamos o mesmo texto em dois momentos distintos, que chamaremos de primeiro momento e segundo momento. Estritamente falando, com a finalidade de analisarmos as gravações pelo método DFA, cada gravação representará uma série temporal do texto lido por cada pessoa. Por fim, como veremos, os resultados, não foram encontradas características de antipersistência para todas as séries estudadas, foi encontrado aleatoriedade para as primeiras leituras de todos os discentes e docentes apenas do sexo masculino, e para todas as séries a segunda leitura caracterizou evolução, ou seja, aleatoriedade acompanhada de persistência e nos levará a abordar tópicos específicos sobre leitura, comportamento de leitura e aprendizagem.

Palavras chave: Leitura, Série temporal, DFA.

Abstract

This work has as objective to identify higher standards in reading recorded of individuals under invariant form without default, ie unsystematic, using the DFA method (it Detrended Fluctuation Analysis). Thus, for a sample of 40 people, recorded the same text in two different times, we will call the first moment and second moment. Strictly speaking, in order to analyze the DFA recording method, recording each represent a time series of the text read by each person. Finally, as we shall see, the results, not features antipersistência for all series studied were found, randomness has been found for the first readings of all students and teachers only male, and all series featured the second reading development, ie, randomness accompanied by persistence and will lead us to address specific topics about reading, reading behavior and learning.

Palavras chave: Reading, Time Series, DFA.

Sumário

1	Introdução	1
2	O Aprendizado e a Fala	4
2.1	Fisiologia da Voz	4
2.2	A Física da Fala	7
2.3	Percepção e Medidas de Som	11
2.4	Medição e produção do som	14
2.5	Produção da Fala	15
2.5.1	Articulação da fala	16
3	Séries Temporais: Uma breve descrição teórica	18
3.1	Introdução	18
3.2	Abordagens	24
3.3	Sazonalidades	27
3.4	Tendência	28
3.5	Técnicas Descritivas	29
3.6	Autocorrelação	31
3.7	Modelos probabilísticos e processos estacionários	32
3.8	Método das Médias Móveis	33
3.9	Método dos mínimos quadrados	34
3.10	Modelagem de uma série temporal	35
3.11	Memória de longo alcance em série temporal e a análise R/S de Hurst	36
3.12	Detrended Fluctuation Analysis - DFA	38
3.13	Texto de Referência	44
4	Materiais e Método	45
4.1	Dois momentos para a leitura	45
4.2	Gerando as séries	46
4.3	Ferramentas utilizadas	49
5	Resultados e Conclusões	52
5.1	Análise via DFA	52
5.2	Conclusão	59
6	Considerações finais	60
6.1	Pespectivas futuras	60
A	Anexos	61
	Referências	63

Lista de Tabelas

4.1	Tabela com o número de pontos associados ao "primeiro" grupo de pessoas que gravaram o texto. Docentes do sexo Feminino.	47
4.2	Tabela com o número de pontos associado ao "primeiro" grupo de pessoas que gravaram o texto. Docentes do sexo masculino.	47
4.3	Tabela com o número de pontos associado ao "segundo" grupo de pessoas que gravaram o texto. Dicente do sexo feminino.	48
4.4	Tabela com o número de pontos associado ao "segundo" grupo de pessoas que gravaram o texto. Dicente do sexo masculino.	48
5.1	Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Docentes - feminino) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).	57
5.2	Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Docentes - masculino) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).	57
5.3	Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Discentes - feminino) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).	57
5.4	Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Discentes) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).	58
5.5	Valor médio do (α) gerados pelos quatro grupos.	58

Lista de Figuras

2.1	Sistema digestório humano - http://www.afh.bio.br/	4
2.2	Sistema de produção da fala - http://www.tradicaoemfococomroma.com/	5
2.3	Imagem das pregas vocais - Fonte: http://www.rc.unesp.br	6
2.4	Estados das cordas vocais humana retratando o silêncio a produção do som e o sussuro - Fonte: http://www.rc.unesp.br	7
2.5	Faringe / pregas vocais - Fonte: http://www.viaaereadificil.com.br/anatomia/htm	8
2.6	Figura ilustrando o conceito físico do som. Retratando o movimento ordenado das partículas que as constituem em um movimento harmônico. Fonte - http://portal.ifi.unicamp.br/images/	8
2.7	Oscilador harmônico: Modelo usado para explicar a estrutura da matéria. Fonte - http://portal.ifi.unicamp.br/images/	9
2.8	Gráfico $x(t)$, $V(t)$ e $a(t)$ do movimento harmônio simples. Fonte- http://portal.ifi.unicamp.br/images/	11
2.9	Modelo usado para explicar que ondas eletromagnéticas podem ser geradas através da vibração de cargas elétricas. Fonte - http://portal.ifi.unicamp.br/images/	12
2.10	Modelo usado para explicar sistemas que vibram entre placas tectônicas causando terremoto. Fonte - http://portal.ifi.unicamp.br/images/	12
2.11	Laringe e as cordas ou pregas Vocais. Fonte: http://portal.ifi.unicamp.br/images/	15
2.12	Estruturas articulatórias para fala. Fonte: vozefonoaudiologia.blogspot.com.br/images/	16
3.1	Consumo de bens duráveis no Brasil entre 1960 e 1995. Fonte: scielo.br/	20
3.2	Gráficos da(s) área(s) da seção glotal, do fluxo glotal e da pressão irradiada para os três modelos considerados, no caso da emissão da vogal "a" (vogal "a" sustentada) Fonte - http://www.uff.br/	20
3.3	Modelo de redes neurais, especialmente quando a volatilidade apresentada era grande. Comparando a distribuição dos erros entre os dois método. Fonte - http://www.scielo.br/	21
3.4	Sinal glotal de uma laringe dita "normal". Tempo x Volume (cm^3/s) Fonte - http://www.revistadeletras.ufc.br/	21
3.5	Transformada de Fourier usada no processamento de sinais e espectrografia atômica ou modular. Curvas geradas pelo software livre winplot.	22
3.6	Observações de uma série temporal com previsões de origem t e horizonte h. Fonte - Morettin; Tolo (2004)	23
3.7	Gráfico de dispersão entre o valor médio previsto e observado para a média diária de PM10 para o Porto Litoral. Modelo não linear. Fonte - leg.ufpr.br	24
3.8	Representação de um sistema dinâmico com entrada $X(t)$, uma série de saída $Z(t)$ e uma função de transferência $v(t)$. Fonte Morettin e Tooi, 2004:	25
3.9	Gráfico retratando o modelo de séries multivariadas. Resposta ao impulso do filtro do canal mono ao audio. Fonte - Scielo.	25
3.10	Gráfico retratando o modelo longitudinal. Fonte - revispsi.uerj.br	26

3.11	Gráfico retratando o modelo longa dependência. Variação da temperatura global da terra perto da superfície em graus Celsius. Fonte: forums.tibiabr.com	26
3.12	Gráfico retratando o modelo de volatilidade. Termo técnico usado para variáveis que mede oscilações de ativos financeiros em determinado período de tempo, que podem ser ações, títulos, fundo de investimento, índice de bolsa, etc. Fonte Scielo.	27
3.13	Exemplo de variações sazonais - Série temporal, aleatória e sazonal. Fonte - scielo	28
3.14	Figura retirada do livro Análise de séries temporais, Ricardo S.Ehlers, página 3: a) clara tendência de crescimento bem como um padrão sazonal ao longo dos anos. b) existência de padrão ciclico em torno de 10 ou 11 anos. c) apresenta algumas alterações estruturais em torno do ano de 1900. d) apresenta tendência com padrão de crescimento, porém a amplitude do padrão sazonal aumenta bastante a partir de 1971.	29
3.15	Ajuste de polinômios as medições anuais do rio Nilo. Polinômios de grau 3 e 6 pelo método dos mínimos quadrados (Hurst 1951).	30
3.16	Medição do espectro vocal através do software Music Editor Free, de um dos indivíduos envolvido na pesquisa.	32
3.17	Gráfico retirado da dissertação de Filho, 2009. Ajuste pelo método dos mínimos quadrados para uma série de homicídios dolosos registrado na cidade de Salvador-Ba	34
3.18	Testando a aleatoriedade de um espectro vocal sobre a leitura de um texto por meio do método dos mínimos quadrados.	35
3.19	Figura retirada de Feder. Modelo do reservatório Hurst (1951) usado para o cálculo de $X(t, \tau)$	37
3.20	Figura retirada de Feder. Modelo do reservatório Hurst (1951) usado para o cálculo de $R(\tau)$	37
3.21	Espectro original da voz de um dos indivíduos envolvido na pesquisa gerado pelo Music Editor Free 8.2.5 com 3.500.000 pontos.	39
3.22	Série integrada do espectro vocal de um dos pesquisados pelo autor.	40
3.23	(a) Série original do espectro original da voz, (b) Série integrada $y(k)$ do espectro da voz de um dos docentes pesquisados, números de pontos x frequência.	40
3.24	Série Integrada $y(k)$ da voz de um dos docentes dividida em (Box) de tamanho 250.000.	41
3.25	Divisão da série temporal integrada y_k dos homicídios dolosos registrados diariamente em Salvador - BA, 2003 a 2008 em boxes de tamanho n , imagem retirada da dissertação de mestrado de (Filho, 2009).	42
3.26	Sistemática usada para diferentes amplitudes (boxes) de tamanho n (Filho, 2009).	42
3.27	Ajuste de uma série pelo método dos mínimos quadrados no DFA de um dos individuos pesquisados.	43
4.1	Séries gerada com o traço do espectro vocal feminino, tomadas antes com dois milhões de pontos e depois com dois milhões e quatrocentos mil pontos.	45
4.2	Sequência utilizada para geração das séries.	46
4.3	aplicativo android usado para medir a intensidade sonora em dB. Fonte - http://www.androidpit.com.br/pt/android/market/apps/app/kr.sira.sound/Decibelmetro-Sound-Meter	49

4.4	Imagem do software MEF. Recurso usado nas gravações. Fonte - http://www.music-editor.net/	50
4.5	Imagem do software Origin 6.0 usado para visualizar e tratar as séries e geração dos gráficos. Disponível no endereço: http://www.originlab.com/ .	51
4.6	Sequência usada para gerar as séries em conjunto com o gravador Mp3, o MEF e o Origin 6.0.	51
5.1	Comparação entre a primeira e a segunda leitura para DICENTES.	53
5.2	Comparação entre a primeira e a segunda leitura para DOCENTES.	54
5.3	Curva comparativa gerada pela leitura dos profissionais escolhidos.	54
5.4	Gráfico gerado pela primeira leitura dos DOCENTES com o médio.	55
5.5	Gráfico gerado pela segunda leitura dos DOCENTES com o médio.	55
5.6	Gráfico gerado pela primeira leitura dos DISCENTES com o médio.	56
5.7	Gráfico gerado pela segunda leitura dos DISCENTES com o médio.	56
5.8	Modelo interpretativo do DFA.	58

Introdução

O simples desejo que o ser humano possui de socializar-se gera a necessidade de verbalizar pensamentos, emoções, opiniões e sentimentos. Como sendo parte fundamental da nossa identidade, a voz torna-se tão importante que pode ser considerada uma das extensões da nossa personalidade, muitas vezes tornando-se possível reconhecer uma pessoa do seu convívio apenas pela entonação característica dada pela voz.

Para que a produção vocal seja adequada, há necessidade do equilíbrio entre os parâmetros vocais que são os representados pelas qualidades vocais, constituídas por: ressonância, tipo de voz, intensidade, frequência, articulação, velocidade de fala, pronúncia e aspectos referentes à emissão. Em algumas situações este equilíbrio não acontece, sendo responsável por aspectos disfônicos como rouquidão, aspereza, tensão, hiper-nasalidade, dentre outras que podem ser encontradas, tanto na voz do adulto quanto na infantil.

A voz humana consiste no som produzido por vibrações. No interior da laringe estende-se um tecido com duas pregas vocais, conhecida também como cordas vocais (são fibras elásticas que se dilatam ou se relaxam pela ação dos músculos da laringe) e sua frequência varia entre 60 e 1300 vibrações por segundo. Assim, do ponto de vista do seu estudo no domínio da frequência, podemos citar: a transformada direta ou inversa de Fourier, que é uma transformada integral que expressa uma função em termos de funções de base senoidal, como soma ou integral de funções senoidais multiplicadas por coeficientes (amplitudes) e que é normalmente apresentada em sua forma contínua. Também como base de aplicação no estudo da voz, podemos citar a transformada de Wavelet, que são funções que surgiram em meados da década de 80 e que se destacaram em diversas áreas da ciência e engenharia. Uma motivação atrás do desenvolvimento das wavelets, foi a busca por um algoritmo rápido que representasse funções e conjunto de dados de forma compacta. Vale salientar que as funções da transformada direta de Wavelet, são operadores lineares em um vetor cujo tamanho é uma potência de dois, transformando-o em outro vetor numericamente diferente e de mesmo tamanho.

Já do ponto de vista cognitivo, segundo [Fontoura 2004], o distúrbio da aquisição da linguagem e da aprendizagem, evidencia que parte das dificuldades estejam intimamente ligadas a história prévia do atraso na aquisição da oralidade. Em crianças, esse atraso pode estar associado a um ritmo mais lento, com desenvolvimento semelhante ao de outra criança de idade inferior, pode apresentar uma dissociação significativa entre a evolução da fala e das outras áreas do desenvolvimento. Assim como o padrão desenvolvido é mais alterado, verifica-se uma aquisição qualitativamente anômala da oralidade.

Ainda para [Fontoura 2004], as dificuldades de linguagem referem-se a alterações no processo de desenvolvimento da expressão e recepção verbal e/ou escrita. Por isso, a necessidade de identificação imatura dessas alterações no curso normal do desenvolvimento evita posteriormente consequências educacionais e sociais desfavoráveis.

Os métodos de análise de séries temporais vêm sendo modelados em diversas áreas do conhecimento, nas quais os fenômenos podem ser dispostos no tempo, como por exemplo, as ocorrências policiais diárias de determinada localidade. Modernas técnicas estatísticas têm sido utilizadas para investigar tal comportamento em função do tempo. O método Detrended Fluctuation Analysis (DFA) criado por Peng et al (1994), que veremos no capítulo 3, tem como característica importante a identificação de correlação de longo alcance, nas séries temporais, via o seu expoente de correlação [Filho. 2009].

Portanto, usar uma teoria ou ferramenta capaz de qualificar e quantificar características de aprendizagem, através de um comportamento de leitura gráfica, será muito importante para o uso de profissionais que precisam de respostas da leitura como tomada de decisões.

Assim, pretendemos contribuir de alguma forma no processo de ensino aprendizagem. Mesmo porque, o estudo da compreensão da dinâmica temporal, associado ao processo de educação do nosso país, ainda apresenta limitações e logo poderá no futuro, servir como mais uma interpretação e contribuição para estudos em diversas áreas como pedagogia, psicopedagogia, psicologia, professores em geral, entre outros.

Com as questões acima postas, apresentamos neste trabalho uma proposta de interpretação, via o método DFA e seu coeficiente de correlação de longo-alcance, capaz de qualificar e quantificar, através da leitura feita de um texto em dois momentos distintos, o comportamento para interpretação e aprendizagem da língua escrita/falada.

Desta maneira, os resultados deste trabalho poderá proporcionar aos profissionais como, professores, psicólogos, psicopedagogos e fonoaudiólogos, uma técnica para o auxílio e acompanhamento do aprendizado de indivíduos em estágio de evolução. Vale ressaltar que esta interpretação não pretende substituir qualquer outro processo metodológico, ou processo metodológico avaliativo, baseado em qualquer linha de concepção. Portanto, aqui tentamos apenas acrescentar ao conjunto de concepções teóricas sobre a teoria do aprendizado através da leitura e suas derivações, mais suporte analítico para tomada de decisão.

Para que tal objetivo fosse alcançado, realizamos a gravação de um texto de referência, lido por indivíduos diferentes em dois momentos distintos. No primeiro momento, ao indivíduo é apresentado o texto, que será lido pela primeira vez. No segundo momento, o texto será lido, porém tendo cada leitor, o seu conhecimento prévio da ação, que é

desenvolver a leitura do texto apresentado antecipadamente. Tal gravação das vozes dos indivíduos foram feitas em uma sala com blindagem acústica, ou seja, com ruído oscilando entre $42dB$ e $46dB$.

A pesquisa foi realizada no SESI (Serviço Social da Indústria), uma instituição que pertence ao sistema "S" da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB) e que compõem o projeto "Ensino Básico de Educação Profissional (EBEP)". O estudo tem a aprovação da instituição, dos docentes e dos discentes envolvidos, conforme termo de consentimento livre esclarecido (TCLE), que se encontra no apêndice A, cujo resultado será utilizado unicamente para fins científicos. A escola Djalma Pessoa foi escolhida pela localização e por proporcionar condições favoráveis para que, em horários distintos, o encontro com os docentes e discentes fosse sempre possível.

Tendo em vista o objetivo da pesquisa, organizamos a dissertação da seguinte forma: Inicialmente a introdução, já visto aqui. No capítulo 2, temos uma breve descrição do que é o aprendizado e a fala acerca do seu processo físico e fisiológico, ou seja, faremos uma abordagem sobre tópicos específicos necessários para o entendimento do objetivo da pesquisa, tais como, fisiologias da voz, a física da fala, percepções e medidas do som, medição e produção do som, articulação da fala. No capítulo 3, apresentamos uma abordagem sobre séries temporais, o método DFA, assim como as características do texto escolhido para a leitura. No capítulo 4, é feito uma abordagem sobre os materiais e método usado no trabalho, assim como as ferramentas para gerar as séries. No capítulo 5, é apresentado os resultados encontrados pelo método DFA, assim como a conclusão do trabalho. Por fim no capítulo 6, é apresentado as perspectivas futuro.

O Aprendizado e a Fala

Para abordagem do capítulo, e pela necessidade de dissertar sobre o tema, procuramos buscar na literatura informações importantes tais como: A formação da voz, a fisiologia da voz, conhecimentos físicos da voz, percepção e medidas de som e a produção e articulação da fala.

2.1 Fisiologia da Voz

Para [Ribeiro 2003], basicamente a fisiologia da voz, consiste na função de duas partes de dois sistemas complexos do corpo humano. O sistema digestório e o sistema respiratório, sendo o respiratório de maior importância na produção do ciclo da voz tendo sua estrutura definida pelo pulmão, traqueia, laringe e as cavidades nasais. Já o sistema digestório é formado por um longo tubo musculoso, ao qual estão associados órgãos e glândulas que participam da digestão. Apresenta os seguintes órgãos: boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e ânus.

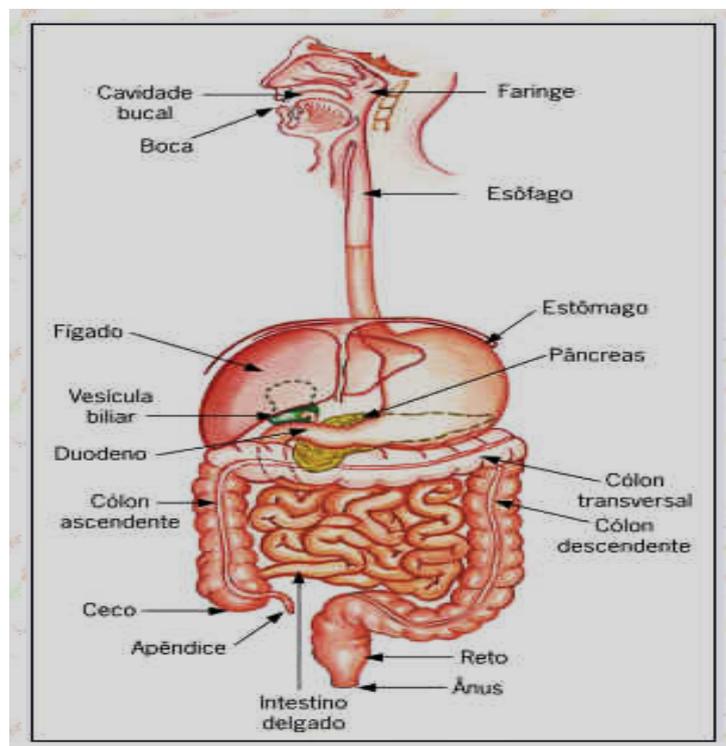


Figura 2.1: Sistema digestório humano - <http://www.afh.bio.br/>.

A voz é uma transformação de uma energia aerodinâmica em energia acústica. Essa energia aerodinâmica é representada pela emissão de sons respiratórios que saem dos pulmões e atravessam a laringe e o trato fonatório, figura 2.1. O trato fonatório é uma grande caixa acústica constituída por várias estruturas que transformam o som que é projetado pela laringe. Um modelo para tal representação pode ser descrito da seguinte forma:

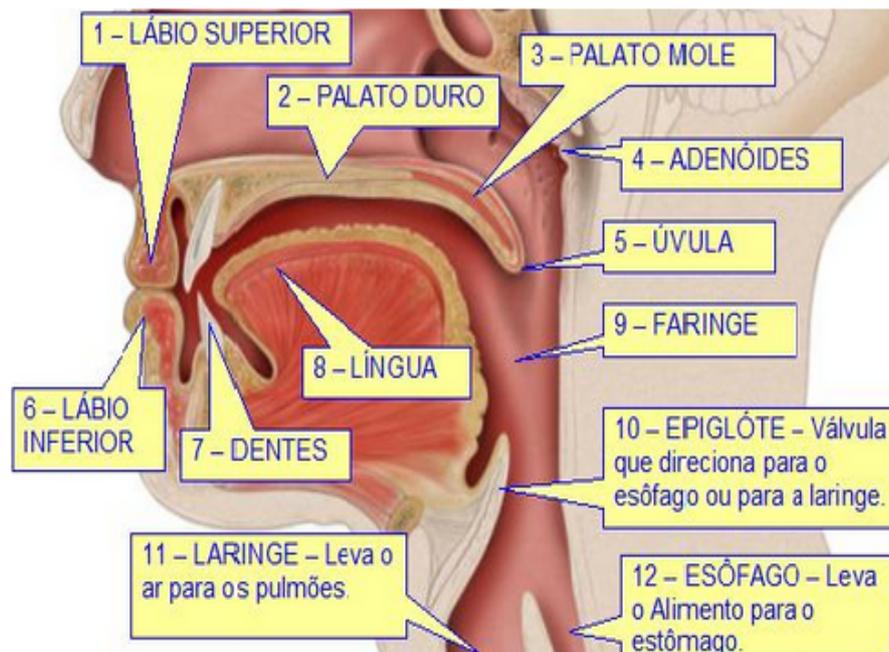


Figura 2.2: Sistema de produção da fala - <http://www.tradicaoemfococomroma.com/>.

O ar sai dos pulmões, atravessa à traqueia, passa pela laringe e pelo trato vocal (região baixa da faringe a as vias nasais e cavidade oral), por consequência a emissão da fala. Uma estrutura bastante importante, a laringe, fica responsável pelo volume e emissão da voz, faz-se necessários movimentos repetidos e periódicos de acordo com idade, sexo e o que deseja ser projetado. Sendo assim, para que esse movimento aconteça existem várias estruturas que contribuem para isso, principalmente a parte muscular com aproximadamente 11 músculos, conforme figura 2.2.

Também na laringe, estende-se um tecido com duas pregas, chamadas cordas vocais, ou pregas vocais. São elas as responsáveis pela vibração quando falamos. As cordas vocais são fibras elásticas que se dilatam ou se contraem pela ação dos músculos da laringe, definem a frequência natural da voz, em parte pelo comprimento. As mulheres, por exemplo, têm voz mais aguda que os homens, relativamente por possuírem suas cordas vocais mais curtas. Salienta (Ribeiro, 2003), que não só a laringe mais o conjunto formado pelos lábios, língua, dentes, véu palatino e boca juntos tem participação na formação do som. Por ser considerado um sistema complexo, o timbre da voz humana depende também de inúmeros pequenos espaços que em sintonia vibram em ressonância com as cordas vocais.

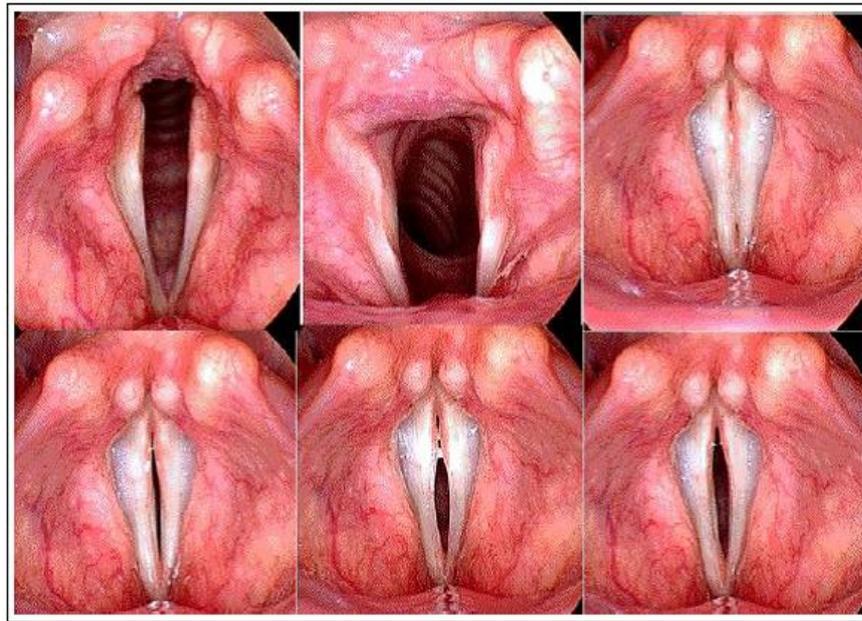


Figura 2.3: Imagem das pregas vocais - Fonte: <http://www.rc.unesp.br>.

Todo o ar inspirado e expirado passa pela laringe que possui dois lados, onde se encontram as cordas vocais relaxadas sem produzir som. Quando falamos ou cantamos, nosso cérebro envia mensagens pelos nervos até o conjunto de músculos que controlam as cordas vocais. Os músculos fazem a aproximação das cordas de modo que fique apenas um espaço estreito entre elas. Quando o diafragma e o conjunto de músculos do tórax empurram o ar para fora dos pulmões, ele produz a vibração das cordas vocais. O controle da altura do som faz-se aumentando ou diminuindo a tensão sofrida pela corda, ver figuras 2.4 e 2.5.

Para [MATUCK 2005], as mais baixas frequências que dão a audibilidade a um ser humano é de mais ou menos 20 vibrações por segundo, enquanto que as mais altas se encontram entre 10.000 e 20.000 vibrações por segundo. Logicamente isto depende da idade do ouvinte, ou seja, quanto mais idoso menor a frequência máxima ouvida. A frequência comum da voz humana encontra-se entre 60 e 1.300 vibrações por segundo. Para o ser humano emitir corretamente a voz, faz-se necessário uma colocação correta da respiração, sem tensão ou relaxamento das pregas vocais. Espera-se uma tonicidade correta para que o conjunto ocorra de forma normal. Para que todo processo tenha uma boa coordenação, faz-se necessário que todo o conjunto composto pela respiração entre inspiração, expiração, coordenação fono-respiratória, diretividade do sopro expiratório, movimentos livres da musculatura da região torácica e dos músculos diafragmáticos. Uma simples respiração ideal provoca o alargamento da base dos pulmões, permitindo assim maior entrada de ar e menor contração da musculatura torácica, parte inferior da face (mandíbulas e língua). Todo esse processo complexo que é a fonação consiste em um poderoso veículo de comunicação, tanto no aspecto linguístico, quanto no aspecto da entonação da voz.

Sendo assim, para que a voz seja normal é necessário que, além do aparelho fonador, a laringe funcione em sintonia com todos os mecanismos respiratórios e ressonantes com o sistema nervoso da voz.

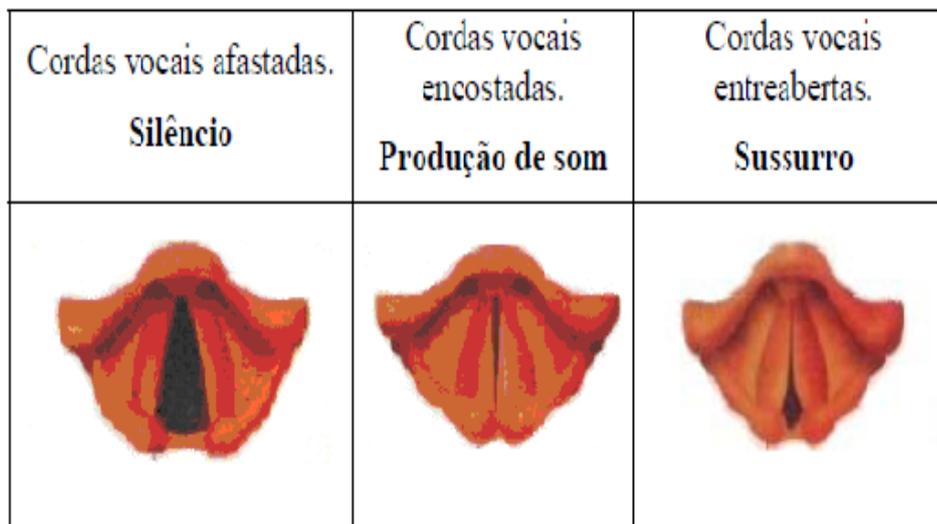


Figura 2.4: Estados das cordas vocais humana retratando o silêncio a produção do som e o sussurro - Fonte: <http://www.rc.unesp.br>.

2.2 A Física da Fala

A produção, a propagação e a percepção do som envolve conceitos físicos, biológicos, artísticos e psíquicos que perpassam todas as áreas do conhecimento humano. Sendo assim, à acústica tem se tornado uma área interdisciplinar explorado por muitas disciplinas como física, engenharia, psicologia, fisiologia, fonoaudiologia, entre outras. Do ponto de vista físico, podemos definir o som como uma propagação de movimentos ordenados das partículas que as constituem [Halliday Resnick 2009]. Deste outro ponto de vista físico, o som é uma onda de pressão longitudinal objetiva, porém fácil de mensurar, já em outra área como a psicologia, o som é entendido como uma sensação enviada para o cérebro pelo mecanismo auditivo subjetivo e sobretudo difícil de medir, figura 2.6.

Considerando que nosso mundo está repleto de fenômenos, entre eles podemos citar os oscilatórios. Os fenômenos oscilatórios consideram todos movimentos aos quais os objetos se movem em dois sentidos de forma alternada em torno de uma posição de equilíbrio. Sendo assim, podemos destacar os sistemas oscilatórios periódicos, ou seja, neste sistema seus ciclos se repetem em intervalos iguais de tempo, oscilando forças restauradoras para um certo estado ou posição de equilíbrio, como destaque podemos citar a nossa visão, audição e a voz. A nossa visão e audição, juntamente com a voz, constituem nossos principais meios para comunicação, acontecem por meio de fenômenos, em destaque o

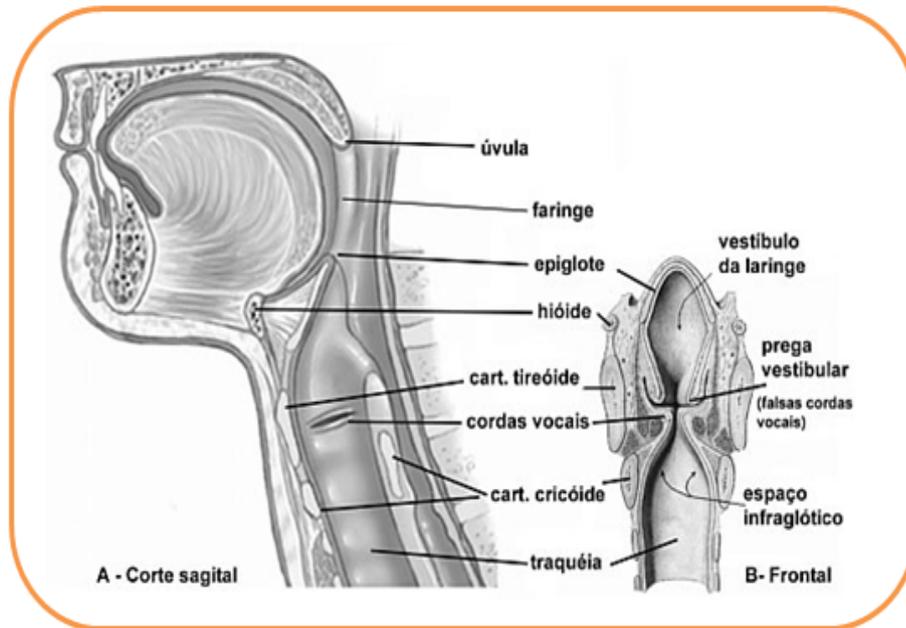


Figura 2.5: Faringe / pregas vocais - Fonte: <http://www.viaaereadifical.com.br/anatomia/htm>.

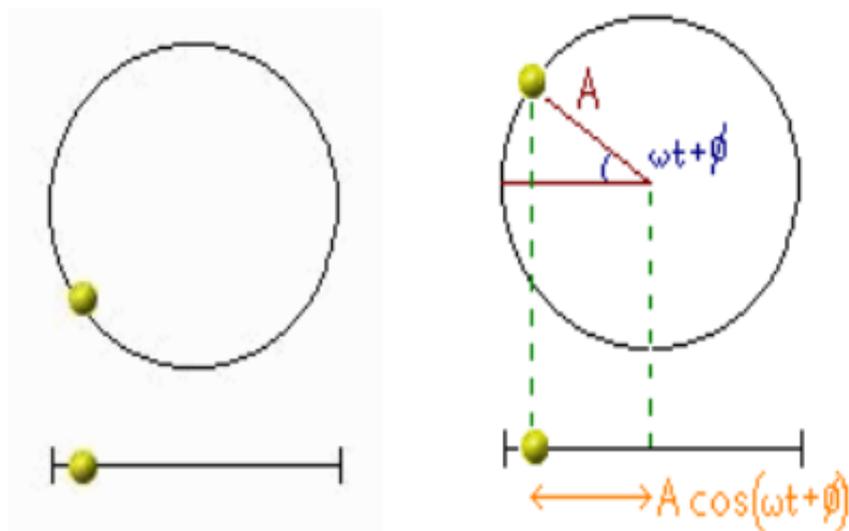


Figura 2.6: Figura ilustrando o conceito físico do som. Retratando o movimento ordenado das partículas que as constituem em um movimento harmônico. Fonte - <http://portal.ifi.unicamp.br/images/>.

oscilatório. Como exemplo de fenômenos oscilatórios podemos citar:

- Os modelos oscilatórios para explicar a estrutura da matéria (figura 2.7).
- As ondas eletromagnéticas que podem ser geradas através da vibração de cargas elétricas 2.9.
- O choque entre as placas tectônicas, que causam os terremotos (figura 2.10).

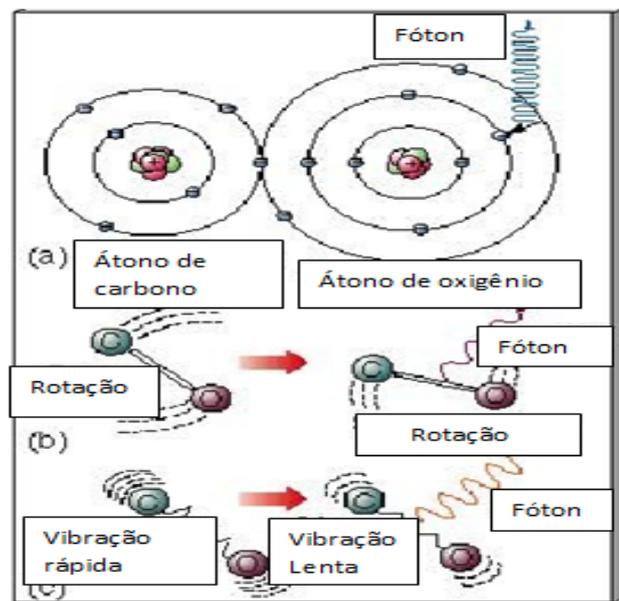


Figura 2.7: Oscilador harmônico: Modelo usado para explicar a estrutura da matéria. Fonte - [http://portal.ifi.unicamp.br /images/](http://portal.ifi.unicamp.br/images/).

Para [Stork 2004], sempre que um sistema sofre uma perturbação em relação a sua posição de equilíbrio, ocorre um movimento de oscilação. Como destaque para tal perturbação, podemos citar o movimento harmônico simples. Esse movimento destaca duas grandezas importantes. A primeira é a frequência (f) que é caracterizada como o número de oscilações completas por segundo e sendo sua unidade no sistema internacional dada em Hertz (Hz). Já o período é definido como sendo o intervalo de tempo referente a uma oscilação completa, ambos destacados na equação 2.2. Como característica importante para o movimento harmônico simples, podemos destacar conforme [Rossing 1990] que:

- Todo movimento se repete a intervalos regulares periódicos ou harmônicos.
- É caracterizado como aquele que ocorre quando a aceleração e a força resultante são proporcionais e se opõem ao deslocamento, representado pela equação 2.1.

$$\vec{F} = -k \vec{x} \quad (2.1)$$

onde \vec{F} é a força elástica exercida por uma mola (no SI:Newton) e k a constante de deformação da mola (Newton/metro). É importante salientar que o sinal negativo observado na expressão 2.1, significa que o vetor da força elástica possui sentido oposto a deformação.

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.2)$$

Analicamente interpretamos o movimento harmônio simples pela equação 2.3 e ilustrado na figura 2.6, em que as componentes tempo, ângulo, amplitude e frequência destacam-se pelas seguintes funções. $X(t)$ é o deslocamento no instante t , X_m é a amplitude, ω é a frequência angular, t o tempo e ϕ o ângulo de fase ou constante de fase.

Para interpretar a constante ω , denominada frequência angular do movimento, notamos primeiramente que o deslocamento $X(t)$ deve ser igual a $X(t + T)$, para qualquer valor de t . Desta forma para a equação 2.4 o cosseno se repete quando seu argumento aumenta de 2π rad.

$$X(t) = X_m \cos(\omega t + T) \quad (2.3)$$

Para a equação 2.3 devemos considerar que:

- $X(t)$ - é o deslocamento no instante t .
- X_m - define a amplitude.
- ω - representa a frequência angular.
- t - o tempo.

$$w(t + T) = wt + 2\pi \Rightarrow wT = 2\pi \quad (2.4)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (2.5)$$

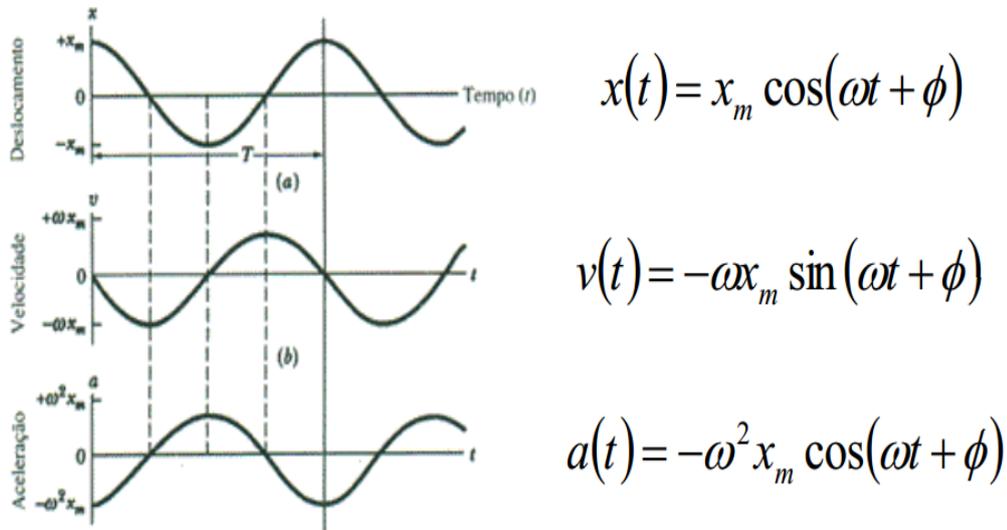


Figura 2.8: Gráfico $x(t)$, $V(t)$ e $a(t)$ do movimento harmônico simples. Fonte- <http://portal.ifi.unicamp.br/images/>.

2.3 Percepção e Medidas de Som

Quando os seres humanos escutam qualquer tipo de propagação sonora, interagem com várias características da voz humana, todos eles contribuindo para a capacidade de extrair significados do mesmo. Ouvem volume, duração, atenuação, frequência, timbre, brilho, calor, etc. É a relação entre estes parâmetros que permite interpretações sofisticadas tais como, a localização de fontes sonoras e a sua identificação. Vários modelos foram propostos para explicar a capacidade do ouvinte de identificar um som, incluindo a criação de um protótipo ou modelo, a identificação de atributos, e o uso de sistemas inatos. Nenhum destes modelos isoladamente parecem adequados para explicar a capacidade de identificar sons. Muito provavelmente, uma combinação destes e talvez de outros fatores deva ser utilizada. Desta forma, para o contexto em estudo, algumas unidades de caráter numérico merecem destaque, e muitas outras são derivadas delas, como exemplo o limiar da audibilidade (Mínima Intensidade Audível) [Rossing 1990]. Com relação aos nossos limites de audibilidade que são determinados em termos de intensidade sonora, para um tom puro de frequência de 1000Hz. A gama entre esses limites é bastante grande: vai do limiar de audibilidade (mínima intensidade audível) correspondente a $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ até o limite de dor (nível máximo de intensidade audível sem danos fisiológicos ou dor) correspondente a 1 W/m^2 . Ou seja, uma razão de 1 para 1 trilhão.

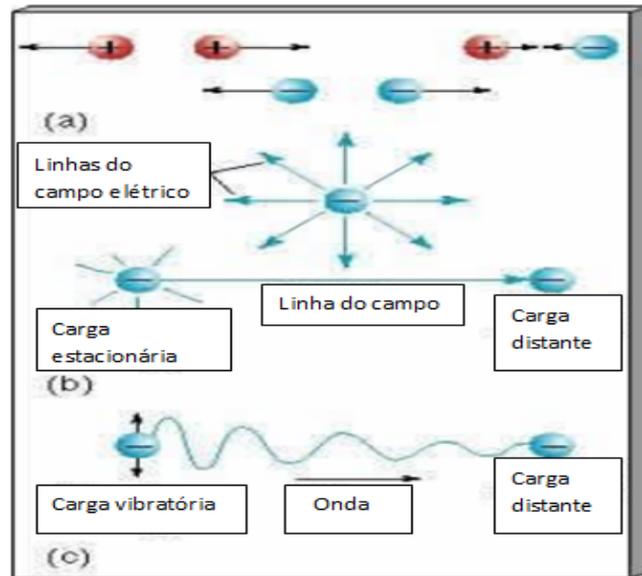


Figura 2.9: Modelo usado para explicar que ondas eletromagnéticas podem ser geradas através da vibração de cargas elétricas. Fonte - <http://portal.ifi.unicamp.br/images/>.

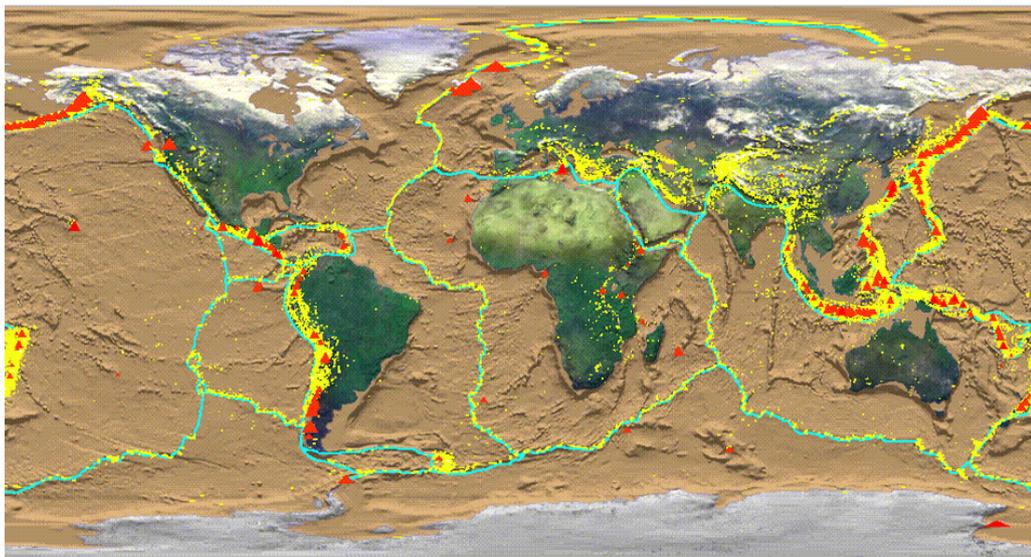


Figura 2.10: Modelo usado para explicar sistemas que vibram entre placas tectônicas causando terremoto. Fonte - <http://portal.ifi.unicamp.br/images/>.

Nosso ouvido responde de modo complexo a pequenas variações de pressão do meio, podendo detectar variações por volta de $2 \cdot 10^{-5} N/m^2$. Isso corresponde aproximadamente a 1 bilionésimo da pressão atmosférica (101.325 Pa(Pascal), ou aproximadamente $105 N/m^2$). O limite de dor é aproximadamente 1 milhão de vezes maior (10^6), mas ainda assim corresponde a menos de 1 milésimo da pressão atmosférica. Para uma frequência de 1000 Hz os níveis mínimo e máximo de intensidades sonoras que percebemos são definidos por:

- Limiar de Audibilidade - $I = 10^{-12} W/m - 10 \log \frac{10^{-12}}{10^{-12}} = 0 dB$
- Limiar da Dor - $1 W/m^2 - 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 120 dB$.

Como parâmetro de medida relacionada ao som, podemos citar:

- A Intensidade sonora que é o fluxo de energia por unidade de área. Refere-se ao produto da pressão pela velocidade das partículas em um meio fluido, o que é equivalente à potência recebida por unidade de área.

$$I = \frac{F \cdot D}{A \cdot T} = \frac{E}{A \cdot T} = \frac{P}{A} \quad (2.6)$$

obs.: A = Área; D = Distância; T = Tempo; p = Potência; E = Energia.

Em termos acústicos a intensidade é o valor médio do fluxo de energia por unidade de área perpendicular à direção de propagação, medida em watt por metro quadrado W/m^2 . Assim, Nível de Intensidade Sonora é expresso em decibels tomando-se como referência $I_0 = 10^{-12} W/m^2$.

- A Potência Sonora que é a energia acústica total emitida por uma fonte por unidade de tempo, medida em watt ($1W = 1J/s$). O Nível de Potencia Sonora (NWS, ou no inglês, SPL-Sound Power Level) é expresso em decibels tomando-se como referência $W_0 = 10^{-12} W$ (1 picowatt).

$$NWS = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (2.7)$$

Ao contrário do que acontece com a intensidade e a pressão sonora, a potência não depende do ambiente nem da distância da fonte. Seu valor não varia já que a potência sonora refere-se à energia total emitida pela fonte.

- Já a pressão sonora que é a variação média (RMS - root mean square) de pressão em relação à pressão atmosférica, medida em pascal (Pa) ou newtons por metro

quadrado (N/m^2) [$1Pa = 1N/m^2$]. O Nível de Pressão Sonora (NPS, ou em inglês, SPL - Sound Pressure Level) em um determinado ponto é expresso em decibels e tem como valor de referência $P_0 = 20mPa(2.10^{-5}N/m^2)$.

$$NPS = 20\log\frac{P}{P_0} \quad (2.8)$$

Em função da extensão das variações entre as intensidades mínima e máxima que podemos ouvir é conveniente que se utilize uma escala logarítmica, a escala de Decibel (dB). Assim, o Decibel é a razão logarítmica entre duas potências definido pela expressão 2.9.

$$P_{dB} = 10\log\frac{P_x}{P_y} \quad (2.9)$$

2.4 Medição e produção do som

A intensidade sonora é medido em decibéis (dB) devido ao grande alcance de pressões sonoras audíveis pelos seres humanos (desde um trilionésimo do watt acústico até ao watt acústico). O indivíduo, em média, consegue ouvir diferenças em incrementos de 3dB, que requer o dobro da potência. Para dobrar o volume percebido de som, é necessário um incremento de 10 dB, o que requer 10 vezes a potência original. A geração e propagação são grandezas físicas. Já a recepção é física, fisiológica e psicológica. De uma maneira simplória podemos dizer que o som é resultado de uma alteração em pressão, que se traduz em um movimento num meio físico. Este movimento pode tomar várias formas, tais como, a vibração de um corpo (como uma corda de um violoncelo), um fluxo de ar através de um objecto (como um trombone), uma explosão súbita, etc. Ainda podemos comentar sobre o efeito Doppler, ou seja, este efeito traduz-se na alteração de frequência de uma onda sonora causada pelo afastamento ou aproximação relativa da fonte e do receptor. Um exemplo que podemos registrar aqui é o som emitido por uma sirene de uma ambulância em movimento [Stork 2004]. Quando a fonte e o observador se aproximam, a frequência percebida pelo receptor é mais alta do que aquela que de evidente está a ser emitida, ao passo que ao se afastarem um do outro, a frequência torna-se mais baixa do que o real valor.

2.5 Produção da Fala

Para produzirmos os sons da fala, o fluxo de ar precisa ser interrompido pelas cordas (pregas) vocais ou através de constrictões no trato vocal (feitas usando-se a língua ou os lábios, por exemplo). As cordas vocais modulam o fluxo de ar, abrindo e fechando rapidamente a passagem pela laringe. Sua taxa de vibração é determinada principalmente por sua massa e tensão, embora a pressão e velocidade do ar também contribuam, em menor escala, ver figura 2.11. Durante uma fala normal, a taxa de vibração das pregas vocais pode variar a uma razão de 2:1 (uma oitava). Destacando uma freqüências característica típicas em Homem: 110 Hz; Mulher: 220 Hz; Crianças: 300 Hz [Stork 2004],[Halliday Resnick 2009] e [Rossing 1990].

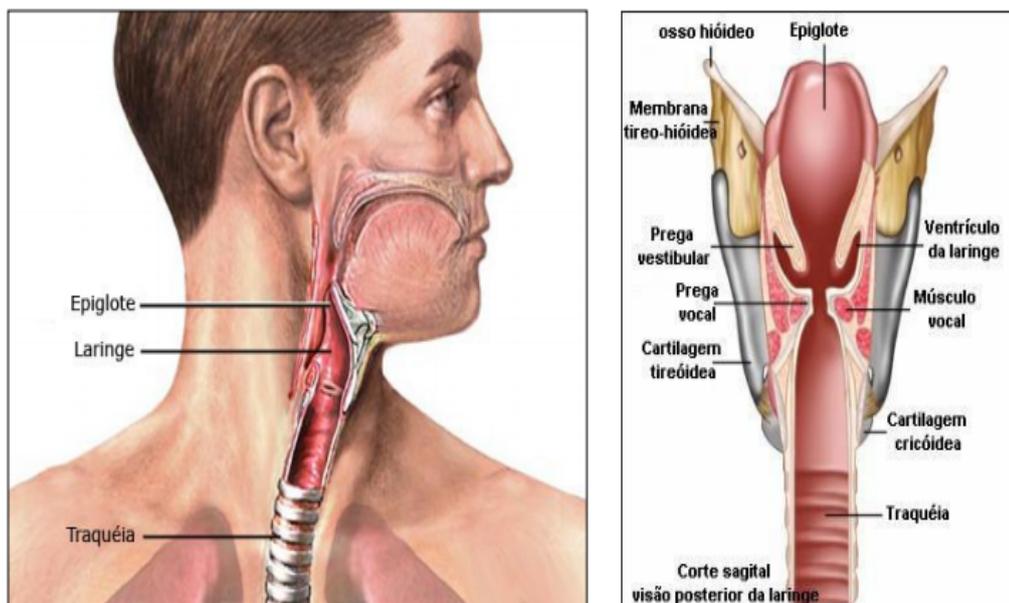


Figura 2.11: Laringe e as cordas ou pregas Vocais. Fonte: <http://portal.ifi.unicamp.br/images>.

Como abordagem do estudo da fala, podemos destacar os modos de vibrações, que são:

- Modo Normal, as pregas vocais se abrem e se fecham completamente durante o ciclo, gerando pulsos (sopros) de ar, que quando observados ao longo do tempo apresentam uma forma razoavelmente triangular.
- Modo de fase aberta, as cordas não se fecham totalmente ao longo de seu comprimento; ou seja, o fluxo de ar não vai a zero (Sussurro).
- Um terceiro modo aparece quando um mínimo de ar passa pelas pregas vocais em sopros bem curtos, gerando uma voz rangente.

- Existe ainda um quarto modo de vibração, mas que não é utilizado na fala usual/cotidiana, é o falsete (é o registro vocal por meio da qual o cantor emite, de modo controlado não natural, "falsetto", sons mais agudos ou mais graves que os da sua faixa de frequência acústica natural).

2.5.1 Articulação da fala

Os diversos sons da língua são produzidos pelas cavidades acima da laringe. Os sons são moldados através de movimentos precisos de língua, lábios e mandíbula. A articulação deve ser precisa para que as palavras sejam inteligíveis. Os movimentos articulatórios são definidos pela língua utilizada, porém o padrão de articulação sofre influência de fatores emocionais do discurso.

A articulação propicia, além da inteligibilidade da mensagem, um equilíbrio da ressonância vocal (Ressonância Vocal é a região que confina energia e dispõe de grande área para circulação, eliminando radiação e diminuindo as perdas)[[Jorge.Mariana.Silva. 2004](#)]. Uma articulação ampla contribui para o equilíbrio das pressões supra e infraglóticas, obtendo uma voz com projeção sem esforço vocal. Tudo está interligado, se há um déficit em qualquer das "partes" do aparelho fonador, certamente, o comprometimento será no todo. Podemos então definir Articulação da fala como a passagem do fluxo de ar por algumas estruturas móveis, que podem impedir, bloquear, canalizar ou moldar o som. As estruturas articulatórias para fala são: lábios, bochechas, palato duro, dentes, crista alveolar e palato mole.

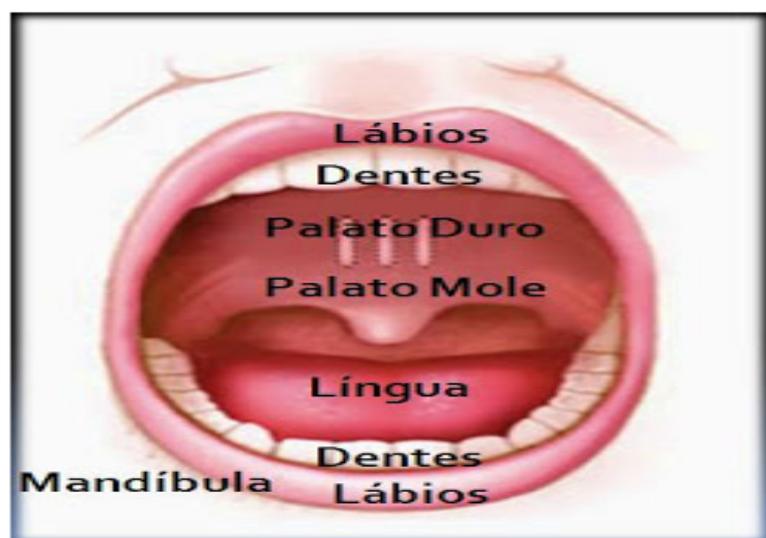


Figura 2.12: Estruturas articulatórias para fala. Fonte: vozefonoaudiologia.blogspot.com.br/images.

Podemos classificar os tipos de articulação na voz falada em 3 categorias:

- Articulação precisa (é aquela adequada para nossa fala, bem aceita socialmente, há um equilíbrio em todas as estruturas envolvidas).
- Articulação imprecisa (não há muito movimento dos lábios e os dentes ficam praticamente ocluídos, geralmente é acompanhada de loudness diminuído, ou seja, volume baixo).
- Articulação exagerada (o indivíduo faz um esforço desnecessário e há excesso de movimentos da língua, lábios e na abertura da boca).

Devido à fraca intensidade do som laríngeo e a falta de semelhança com os sons consonantais e vocálicos da nossa língua, torna-se necessária uma modificação e amplificação desse som. Estas modificações do som ocorrem por todo o caminho do trato vocal, passando por estruturas que formam obstáculos ou aberturas, até atingir a saída para o ambiente, pela boca e/ou nariz, este processo é denominado ressonância.

A intensidade da voz depende da disposição das cavidades de ressonância que possuem características anatômicas individuais, em resumo, podemos reconhecer uma pessoa sobretudo, devido a características singulares das suas cavidades de ressonância. Esse é um dos fatores que justificam o fato de que a nossa voz pode ser comparada a uma sistema de identificação pela análise, ninguém possui a mesma, pode ser semelhante, mas igual jamais.

Séries Temporais: Uma breve descrição teórica

Apesar da grande quantidade de material produzido para o estudo de séries temporais, procurei construir este capítulo com alguns conceitos, classificação e aplicações a esse campo de pesquisa, que tanto tem demonstrado contribuições relevantes.

3.1 Introdução

Em vários problemas da matemática e de suas aplicações, busca-se uma função f que cumpra certas condições. É frequente, nesse caso, a partir desta função obter-se uma sequência de dados f_1, f_2, \dots, f_n , que podem ser independentes da situação (evento) anterior ou não. Como parte dos procedimentos estatísticos, o estudo de séries temporais possui destaque evidente, e neste âmbito, pelo simples fato da ordem dos dados ser crucial, o uso de técnicas específicas ganha destaque. Dados de séries temporais surgem em vários campos do conhecimento como: na Economia (preços diários de ações, taxa mensal de desemprego, produção industrial), na Medicina (eletrocardiograma, eletroencefalograma), em Meteorologia (precipitação pluviométrica, temperaturas diárias, velocidade do vento), etc. Sendo assim, o conceito de série temporal pode ser abordado por vários teóricos como, Fonseca e Martins, Ehlers, Morettin e Toloï, entre outros.

Para [Fonseca J.S.; Martins 1985], uma série temporal ou cronológica é um conjunto de observações (ou a variável observada) ordenadas no tempo, considerando que o tempo pode ser definido, como por exemplo, de cinco em cinco minutos, meia em meia hora, semanalmente, trimestralmente, semestralmente, anualmente, etc.

[Ehlers 2009 5^o Edição], considera uma série temporal, como uma coleção de observações feitas de forma sequenciada ao longo do tempo. Salienta que enquanto os modelos de regressão por exemplo a ordem das observações é irrelevante para a análise, em séries temporais a ordem dos dados é crucial. Vale notar também que o tempo pode ser substituído por outra variável como espaço, profundidade, etc.

[Morettin P.A.; Toloï 2004], afirma que matematicamente, podemos definir uma série temporal como um conjunto de valores $y_1, y_2, y_3, \dots, y_i$, para a variável de intervalo y registrados no tempo $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$. Então, a variável y pode ser expressa em função do tempo.

$$y = f(t) \tag{3.1}$$

[Esquivel R.M.; Senna 2012], fortalece os conceitos acima explicando que o estudo de série temporal surge com a necessidade de se obter previsões precisas de eventos futuros ou suas consequências, sejam elas epidemiológicas, econômicas, climáticas ou de qualquer natureza. Sendo assim, algumas características são de extrema importância para um estudo de série temporal e como destaque temos:

- Observações correlacionadas são mais difíceis de analisar e requer técnicas específicas;
- É necessário levar em conta a ordem temporal das observações;
- Fatores complicadores como presença de tendências e variações sazonais ou cíclicas podem ser difíceis de estimar ou remover;
- A seleção de modelos podem ser bastante complicada e de difícil interpretação;
- É mais difícil de lidar com observações perdidas e dados discrepantes, devido a natureza sequencial.

Para [Morettin P.A.; Toloí 2004], as séries temporais podem ser terminologicamente classificadas como:

- Discretas, ou seja, quando T é um conjunto de observações finitas de pontos, ou seja, $Z = 1, 2, 3, \dots, T$, definido por (Z_T) .
Por exemplo, o número de bens duráveis no Brasil entre 1960 e 1995, figura 3.1.
- Contínuas, ou seja, quando t é um intervalo finito entre 0 e T . Por exemplo, A área da seção glotal, do fluxo glotal e da pressão irradiada para os três modelos considerados, no caso da emissão da vogal "a" (vogal "a" sustentada). ver figura 3.2.
- Determinísticos, ou seja, quando os valores futuros de uma série são definidos por meio de uma função matemática, figura 3.5.
- Estocástica, ou seja, quando a série possui uma ou mais variáveis como entrada e saída. Como exemplo podemos citar o método de Monte Carlo no cálculo de integrais ou experimentos amostrais.
- Multivariado, ou seja, quando a série temporal é representada por um vetor de ordem k , definido por: $Z_1(t), \dots, Z(k), t < T$.

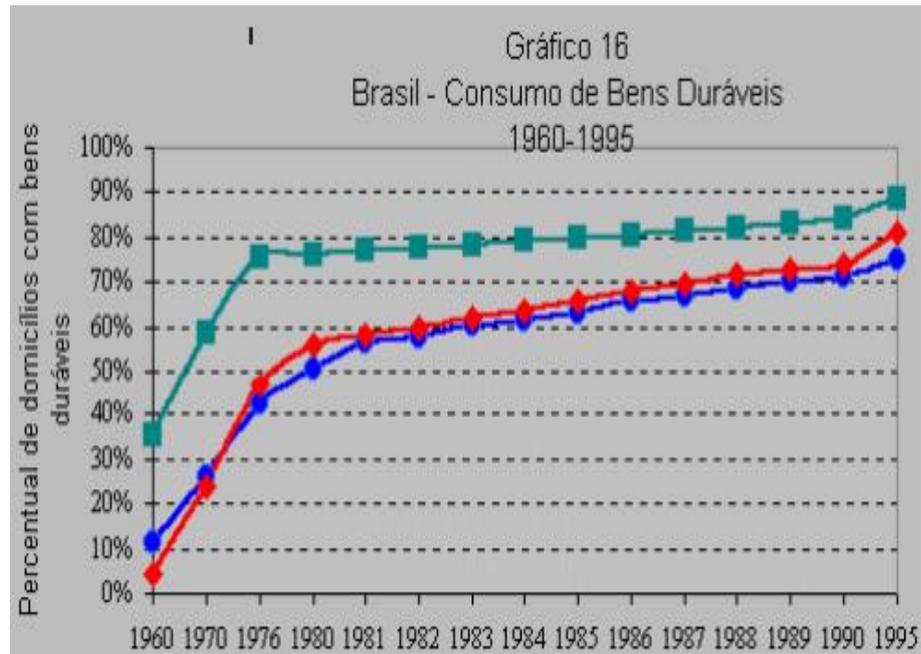


Figura 3.1: Consumo de bens duráveis no Brasil entre 1960 e 1995. Fonte: sciELO.br/

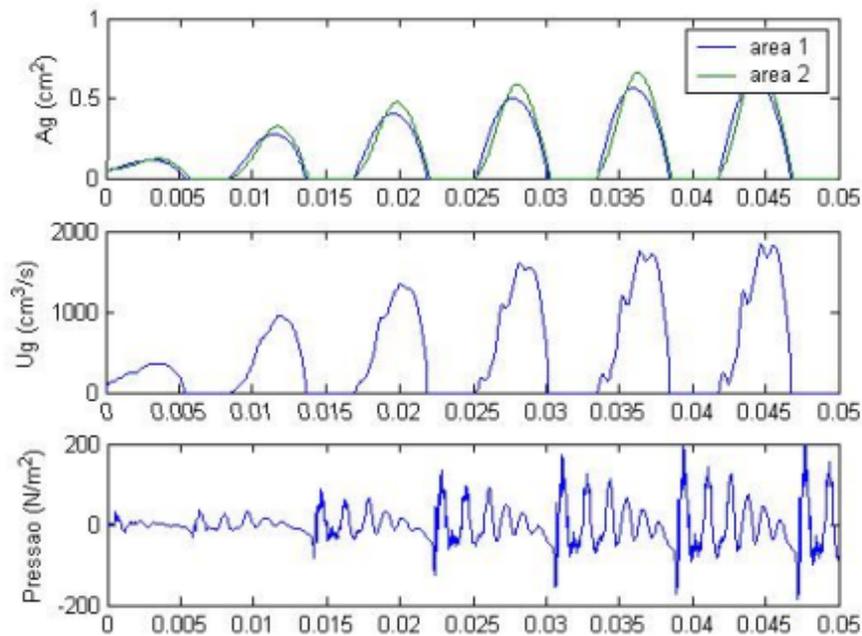


Figura 3.2: Gráficos da(s) área(s) da seção glotal, do fluxo glotal e da pressão irradiada para os três modelos considerados, no caso da emissão da vogal "a" (vogal "a" sustentada) Fonte - <http://www.uff.br/>.

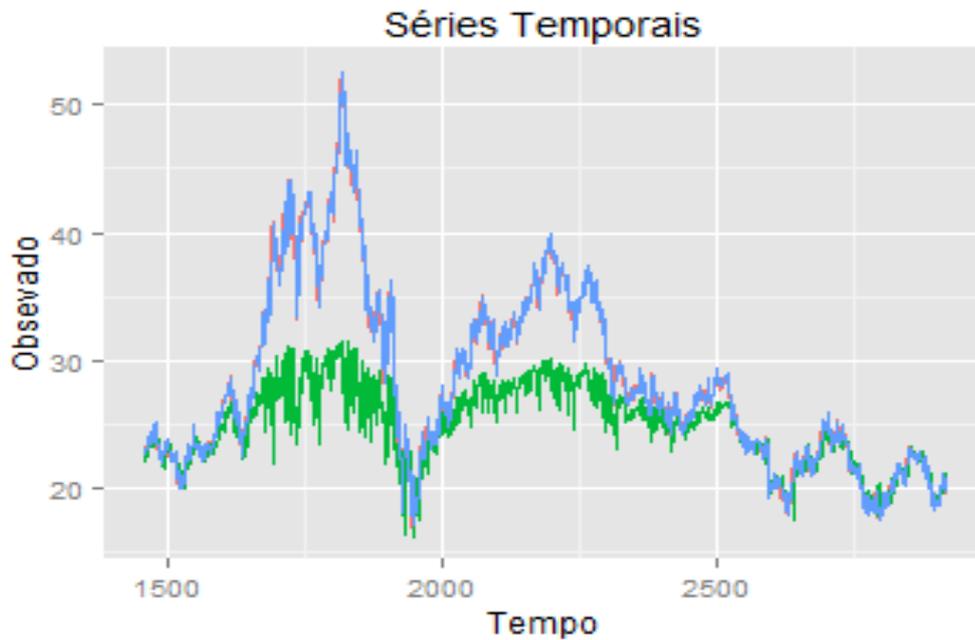


Figura 3.3: Modelo de redes neurais, especialmente quando a volatilidade apresentada era grande. Comparando a distribuição dos erros entre os dois métodos. Fonte - <http://www.scielo.br/>.

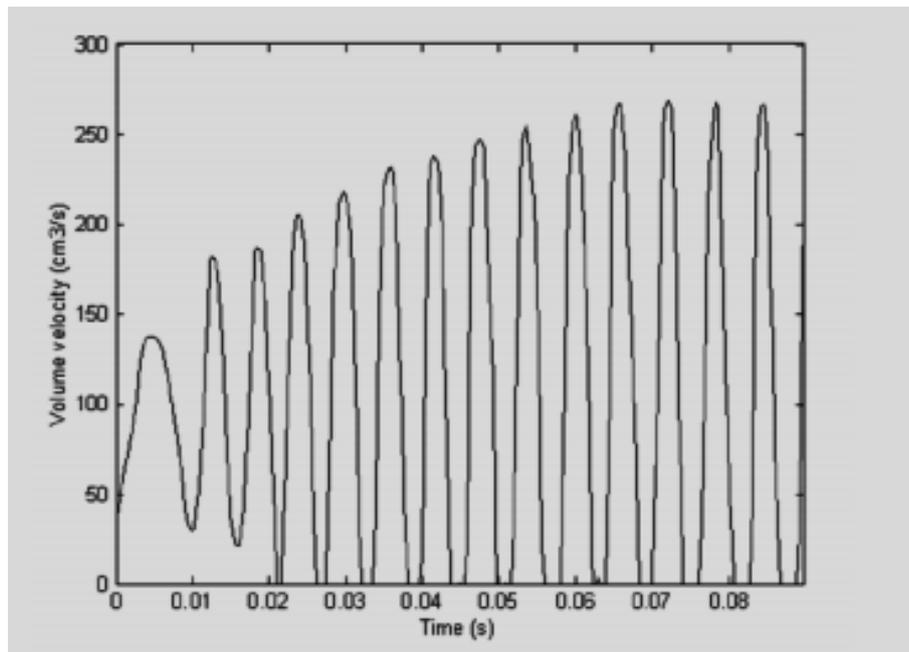


Figura 3.4: Sinal glotal de uma laringe dita "normal". Tempo x Volume (cm^3/s) Fonte - <http://www.revistadeletras.ufc.br/>.

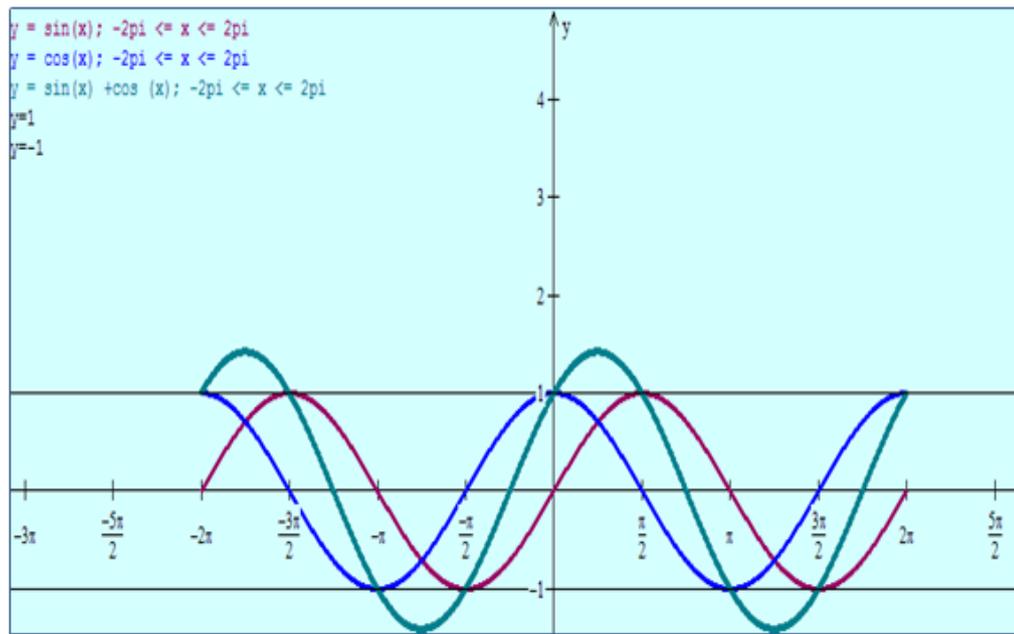


Figura 3.5: Transformada de Fourier usada no processamento de sinais e espectrografia atômica ou modular. Curvas geradas pelo software livre winplot.

[Ehlers 2009 5ª Edição], coloca como objetivo inicial da análise de séries temporais a realização de inferências sobre as propriedades ou características básicas do mecanismo gerador do processo estocástico das observações da série. Assim, através da abstração de regularidades contidas nos fenômenos observáveis de uma série temporal existe a possibilidade de se construir um modelo matemático como uma representação simplificada da realidade. Após a formulação do modelo matemático, obtido pela seleção entre as alternativas de classes de modelos identificadas como apropriadas para essa representação e subsequente estimação de seus parâmetros, é possível utilizá-lo para testar alguma hipótese ou teoria a respeito do mecanismo gerador do processo estocástico e realizar a previsão de valores futuros da série temporal.

[Morettin P.A.; Toloi 1987], afirma que uma previsão é uma manifestação relativa a sucessos desconhecidos em um futuro determinado. A previsão não constitui um fim em si, mas um meio de fornecer informações e subsídios para uma consequente tomada de decisão, visando atingir determinados objetivos. Considerando um conjunto de observações de uma série temporal coletadas até o instante t e de um modelo que represente esses fenômenos, a previsão do valor da série no tempo $t + h$ pode ser obtida.

[Souza 1989], dependendo do valor assumido pelo horizonte de previsão, classificam as previsões dos valores futuros de uma série temporal como de curto, médio ou longo prazo. Desse modo, diante da possibilidade de existência de diferentes horizontes de previsão, especifica técnicas distintas para prognosticar os valores futuros de uma série temporal:

- previsão múltiplos passos : esta abordagem, adotada para longos horizontes de previsão, procura identificar as tendências gerais e os pontos de inflexão mais relevantes na série temporal. Na previsão múltiplos passos, o conjunto de valores correntes é empregado na realização da previsão para determinado instante; esta previsão é, então, introduzida entre as observações passadas, compondo, desta forma, um novo conjunto de dados, sobre o qual será obtida a previsão do tempo subsequente.
- previsão simples passo : nesta técnica não há incorporação de previsões aos dados utilizados para encontrar a próxima previsão, sendo esta, independente dos valores anteriormente previstos. A previsão é feita apenas para o período de tempo imediatamente posterior ao atual, a partir das observações da série temporal.

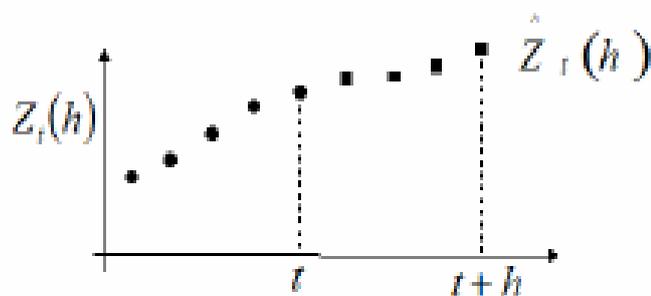


Figura 3.6: Observações de uma série temporal com previsões de origem t e horizonte h . Fonte - Morettin; Tolo (2004)

Para [Ehlers 2009 5ª Edição], a garantia da otimalidade das previsões de uma série temporal somente é alcançada adotando como horizonte de previsão o instante de tempo imediatamente subsequente à origem t . Naturalmente, a investigação do poder preditivo do modelo especificado como o mais adequado para explicar o mecanismo gerador das observações de uma série temporal é um processo empírico de verificação, visto que são feitas comparações entre as previsões e as observações, a fim de confirmar a habilidade do modelo matemático em descrever a estrutura definida pelos dados da série temporal analisada. É importante salientar que o caráter previsível de um determinado modelo, segundo [Morettin P.A.; Tolo 1987], não pode ser sustentado quando forem identificadas mudanças estruturais nas observações obtidas a partir da origem, em relação àquelas utilizadas para a elaboração do modelo.

3.2 Abordagens

[Ehlers 2009 5ª Edição], trás várias abordagens ao estudo de uma série temporal, entre elas podemos citar as técnicas descritivas, os modelos probabilísticos e os métodos não paramétricos. Salienta que as técnicas descritivas estão diretamente associadas a gráficos e identificação de padrões. Os modelos probabilísticos, já estão associados a seleção, comparação, adequação, estimação e predição. Os modelos não paramétricos, estes com a função de alisamento ou suavização. Além de outras abordagens, como: Modelos de espaço de estados, modelos não lineares, séries multivariadas, estudos longitudinais, processos de longa dependência e modelos para volatilidade.

Como exemplo do modelo espaço de estado, podemos citar a transformada de Laplace. Essa transformada se destaca pelo fato dos seus limites de integração se tornar conveniente para problemas que possuem dependência temporal. Está técnica está presente quase sempre em estudos da dinâmica e do controle de processos. É usada em sistemas lineares e permite converter equações diferenciais comuns em equações algébricas. A transformada de Laplace tem seu nome em homenagem ao matemático francês Pierre Simon Laplace.

A figura 3.7 retrata muito bem a teoria defendida por [Veiga R.D 1999], onde ele aborda a importância em estudos de séries temporais lineares e não lineares, acrescenta que em variadas situações no campo das ciências, frequentemente o conceito está associado a sistemas dinâmicos e salienta que um exemplo característico é a chamada função transferência, representada na expressão:

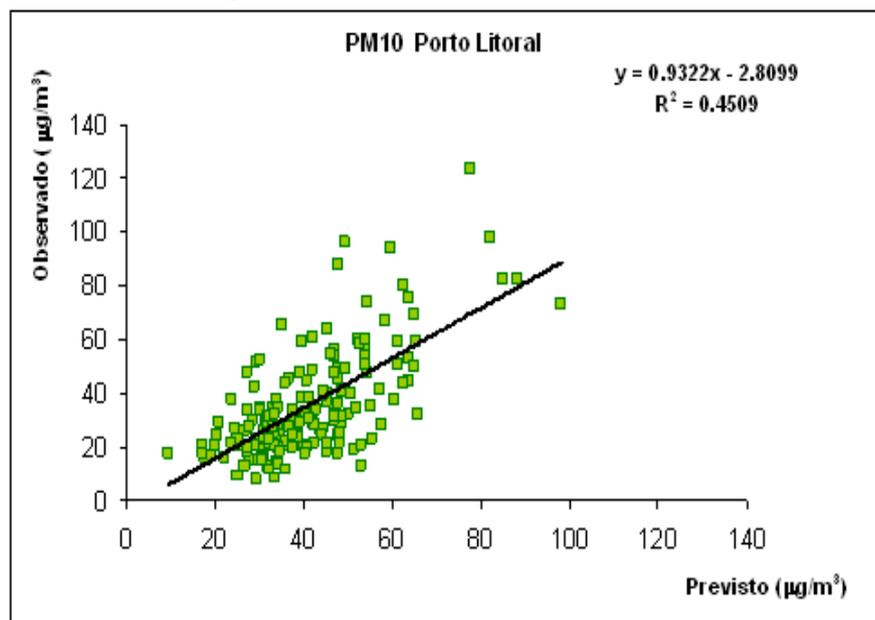


Figura 3.7: Gráfico de dispersão entre o valor médio previsto e observado para a média diária de PM10 para o Porto Litoral. Modelo não linear. Fonte - leg.ufpr.br.

$$Z(t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} \nu(\tau)X(t - \tau). \quad (3.2)$$

Aqui $X(t)$ representa uma série de entrada, $Z(t)$ uma série de saída e $\nu(t)$ uma função linear, figura 3.8.

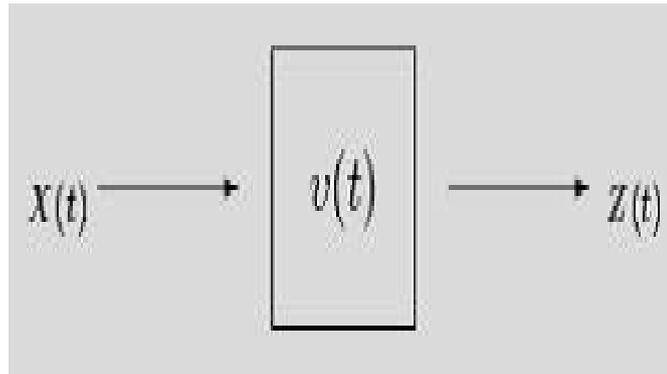


Figura 3.8: Representação de um sistema dinâmico com entrada $X(t)$, uma série de saída $Z(t)$ e uma função de transferência $\nu(t)$. Fonte Morettin e Tooi, 2004:

Nas figuras 3.7, 3.9, 3.10, 3.11 e 3.12 representamos alguns modelos de séries:

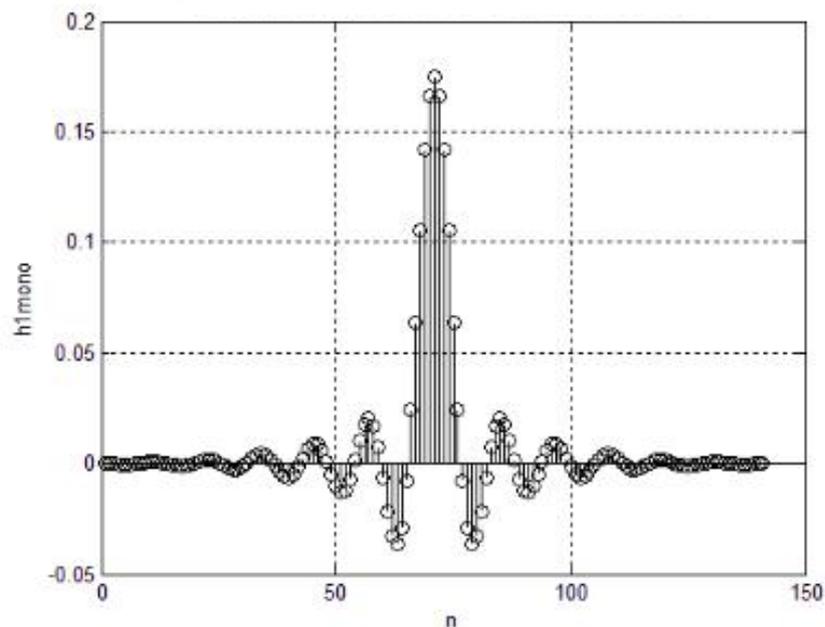


Figura 3.9: Gráfico retratando o modelo de séries multivariadas. Resposta ao impulso do filtro do canal mono ao áudio. Fonte - Scielo.

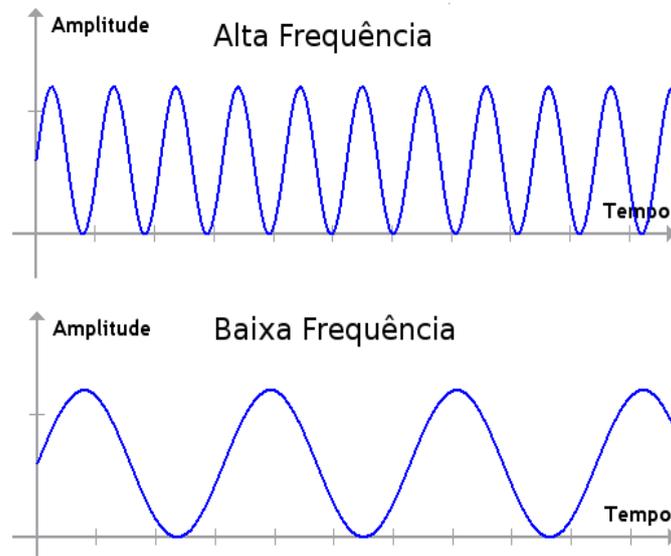


Figura 3.10: Gráfico retratando o modelo longitudinal. Fonte - revispsi.uerj.br.

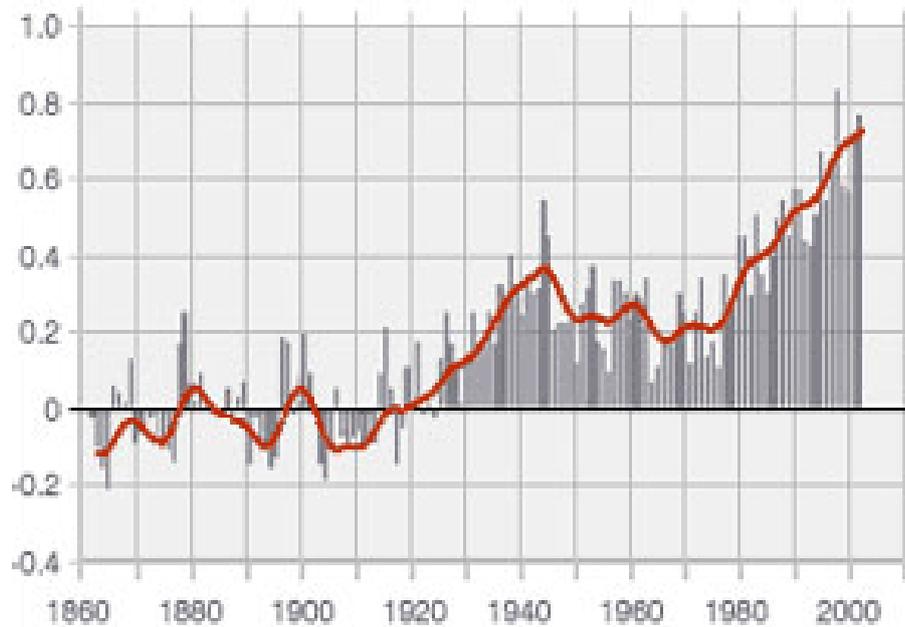


Figura 3.11: Gráfico retratando o modelo longa dependência. Variação da temperatura global da terra perto da superfície em graus Celsius. Fonte: forums.tibiabr.com

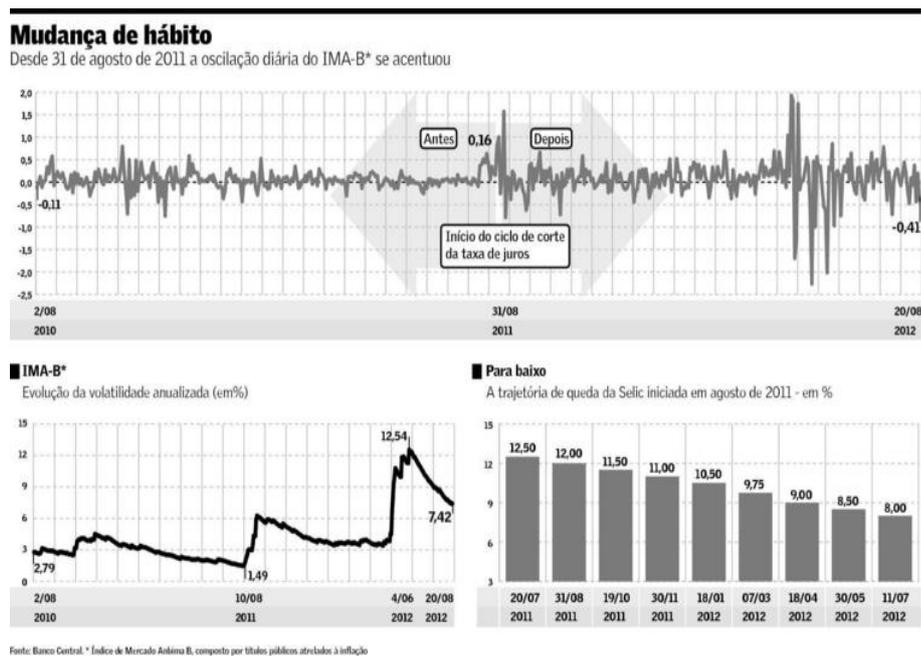


Figura 3.12: Gráfico retratando o modelo de volatilidade. Termo técnico usado para variáveis que mede oscilações de ativos financeiros em determinado período de tempo, que podem ser ações, títulos, fundo de investimento, índice de bolsa, etc. Fonte Scielo.

3.3 Sazonalidades

É muito comum séries temporais exibirem um comportamento que tende a se repetir a cada t períodos de tempo. Como exemplo, é muito natural esperar que as vendas de ingressos de um determinado time ganhe um pico no período em que o time venha ganhando destaque no campeonato. Este comportamento possivelmente se repetirá ou não ao longo de vários jogos. Desta forma podemos notar alguns possíveis tipos de modelos sazonais, como por exemplo sazonalidade determinística, de funções trigonométricas, entre outros, ver figura 3.13.

Além dos modelos sazonais, destaca-se também os tipos de sazonalidades que são:

- Aditiva: Neste tipo as séries apresentam flutuações sazonais dentro de um padrão mais ou menos constante, no nível total da série. Retornando ao exemplo do time, suponha que o aumento esperado nas vendas nos últimos jogos é de 100 mil reais em relação a média das últimas partidas com o time em alta. Então as previsões para os próximos jogos devem somar a quantia de 100 mil uma média por partida em conta desta flutuação sazonal.
- Multiplicativa: O tamanho das flutuações varia dependendo do nível total da série. Supondo agora que o aumento esperado por partida seja de 20 por cento. Então o aumento esperado em módulo de vendas será pequeno ou grande dependendo da

média por partida. Deve-se então multiplicar a média por partida pelo fator 1,2.

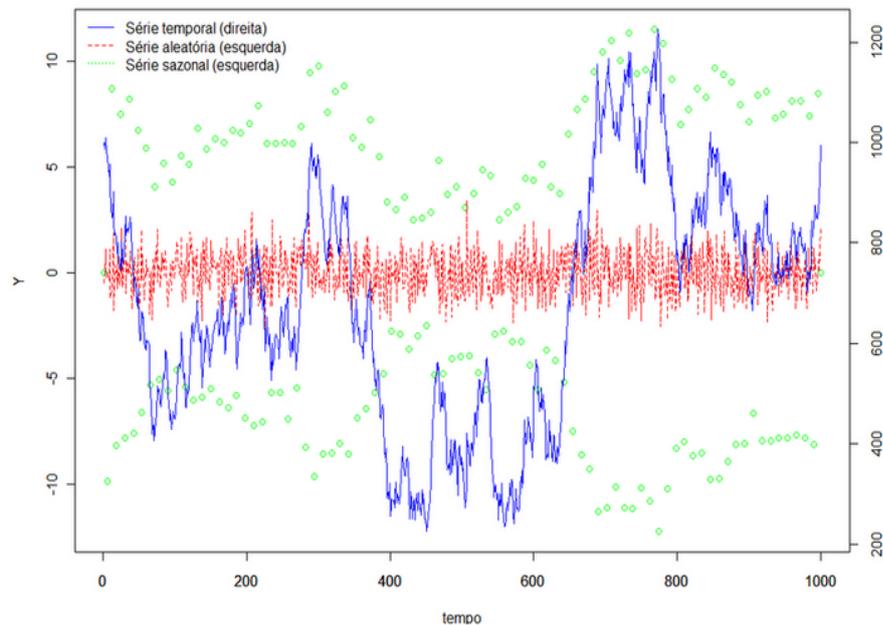


Figura 3.13: Exemplo de variações sazonais - Série temporal, aleatória e sazonal. Fonte - sciELO

3.4 Tendência

Em geral, uma série apresenta crescimento ou decrescimento com diversos tipos de padrões, a esses padrões dar-se o nome de tendência. Para [Fonseca J.S.; Martins 1985], esses comportamentos podem ser definidos como (ver figura 3.14):

- Crescimento linear, por exemplo, a cada partida o aumento esperado nas vendas de ingresso é de 100 mil.
- Crescimento exponencial, por exemplo, cada partida é aumentada por um dado fator.
- Crescimento amortecido, por exemplo, as vendas de ingressos de uma certa partida tem aumento esperado de 70 por cento sobre o anterior. Se o aumento esperado for 100 mil no primeiro jogo, no segundo jogo será de 70 mil, no terceiro jogo de 49 mil e assim sucessivamente.

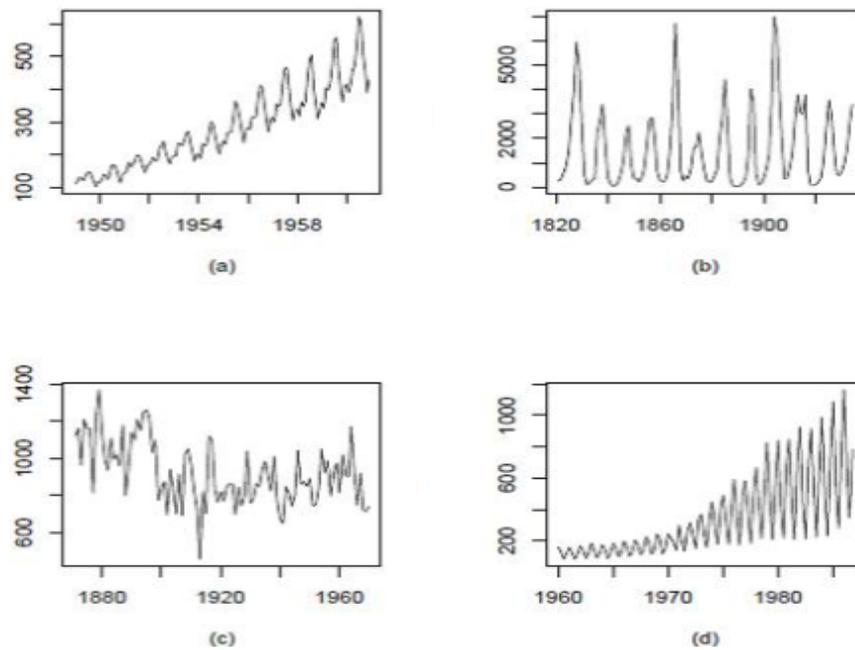


Figura 3.14: Figura retirada do livro *Análise de séries temporais*, Ricardo S.Ehlers, página 3: a) clara tendência de crescimento bem como um padrão sazonal ao longo dos anos. b) existência de padrão cíclico em torno de 10 ou 11 anos. c) apresenta algumas alterações estruturais em torno do ano de 1900. d) apresenta tendência com padrão de crescimento, porém a amplitude do padrão sazonal aumenta bastante a partir de 1971.

3.5 Técnicas Descritivas

[Ehlers 2009 5ª Edição], no contexto de séries temporais (ST), o estudo representado graficamente dos dados ao longo da pesquisa é de extrema importância. Comportamentos associados como crescimento e decrescimento, padrões cíclicos entre outros são muito relevantes e facilitadores. Desta forma, a construção gráfica temporal deve ser sempre o primeiro passo e sobretudo antecedendo qualquer análise ou tomada de decisão. Propriedades importantes de uma (ST) assume uma forma de composição clássica, isto é,

$$X_t = T_t + C_t + R_t \quad (3.3)$$

onde T_t é a componente tendência, C_t é a componente cíclica ou sazonal e R_t a componente aleatória. Para tal a componente cíclica se repete a cada intervalo fixo, e as variações periódicas podem ser captadas por esse tipo de componente.

Por não apresentar um consenso por partes dos autores citados no embasamento teórico desta pesquisa, podemos associar tendência como uma mudança de longo prazo no nível

médio da série. Uma forma simples de verificar tendência pode ser visto por:

$$X_t = \alpha + \beta t + \epsilon_t, \quad (3.4)$$

onde α e β são constantes a serem estimados e ϵ é o erro aleatório, com média zero. Sendo que o nível médio em um intervalo t pode ser dado por:

$$m_t = \alpha + \beta t. \quad (3.5)$$

De qualquer sorte, um modo geral de se lidar com dados sazonais com tendências é ajustar um polinômio de grau n , sendo n de 1° , 2° , Ver figura 3.15.

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 + \dots + \beta_p t^p + \epsilon_t \quad (3.6)$$

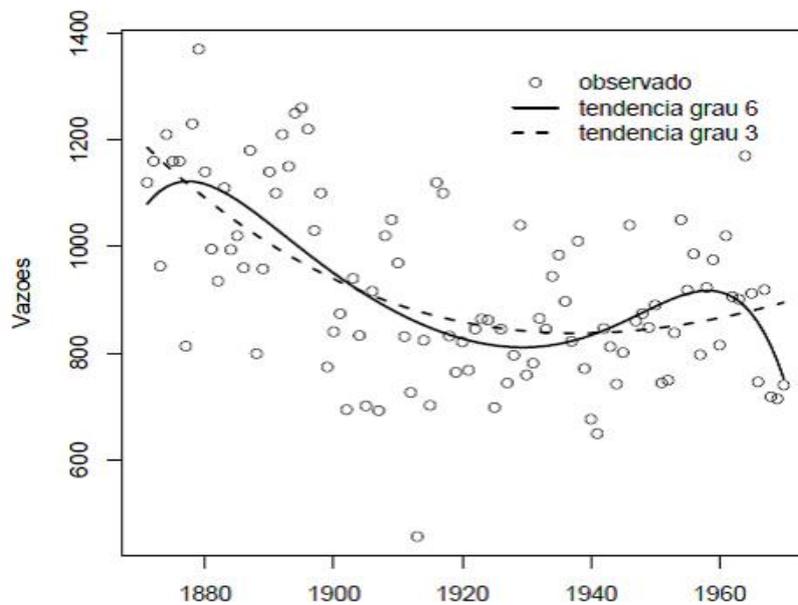


Figura 3.15: Ajuste de polinômios as medições anuais do rio Nilo. Polinômios de grau 3 e 6 pelo método dos mínimos quadrados (Hurst 1951).

3.6 Autocorrelação

Para [Souza R.C.; Camargo 2º edição, 2004.], a idéia deste coeficiente é similar a correlação para n pares de observações de variáveis, desta forma definimos o coeficiente de correlação amostral como sendo:

$$r = \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (3.7)$$

Para tanto, queremos medir a correlação entre as observações de uma mesma variável em diferentes horizontes de tempo. Assim, dado n observações x_1, \dots, x_n de uma série temporal discreta podemos formar os pares $(x_1, x_2), \dots, (x_{n-1}, x_n)$. Considerando x_1, \dots, x_{n-1} e x_2, \dots, x_n como duas variáveis o coeficiente de correlação entre elas é dado por:

$$r = \frac{(x_t - \bar{x}_1)(x_{t+1} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-1} (x_t - \bar{x}_1)^2 \sum_{t=1}^{n-1} (x_{t+1} - \bar{x}_2)^2}}. \quad (3.8)$$

onde as médias amostrais são

$$\bar{x}_1 = \sum_{t=1}^{n-1} \frac{x_t}{n-1} \quad (3.9)$$

e

$$\bar{x}_2 = \sum_{t=2}^n \frac{x_t}{(n-1)}. \quad (3.10)$$

Como o coeficiente r mede as correlações entre observações sucessivas, assim ele é chamado de coeficiente de autocorrelação ou coeficiente de correlação serial. Vale salientar que em algumas literaturas é usual simplificar a equação 3.8 utilizando-se médias de todas as observações [Ehlers 2009 5º Edição].

3.7 Modelos probabilísticos e processos estacionários

Para [Morettin 2008], um processo estocástico pode ser definido como um conjunto de variáveis aleatórias ordenadas no tempo e definidas em um conjunto de T pontos, que pode ser contínuo ou discreto (ver figura 3.16).

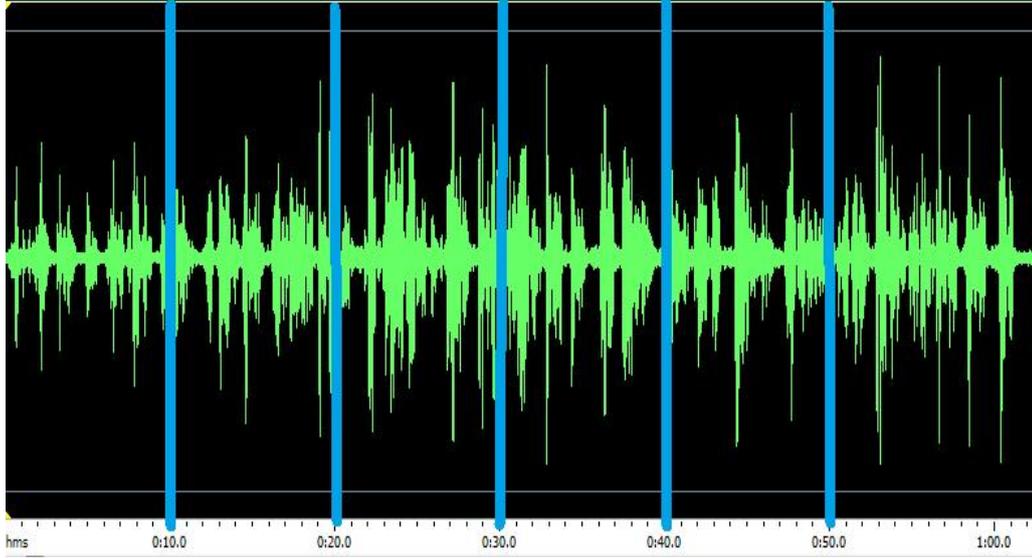


Figura 3.16: Medição do espectro vocal através do software Music Editor Free, de um dos indivíduos envolvido na pesquisa.

Uma maneira de caracterizar um processo estocástico é através da distribuição de probabilidade conjunta de $X(t_1), \dots, X(t_k)$ em um intervalo de tempo t_1, \dots, t_k , para qualquer valor de k . Considerada uma tarefa complexa e que possivelmente costuma descrever um processo puramente estocástico, podendo ser definida pela funções: média 3.11, variância 3.12 e autocovariância 3.13.

$$\mu(t) = E[X(t)], \quad (3.11)$$

$$\sigma^2(t) = Var[X(t)] \quad (3.12)$$

e

$$\gamma(t_1, t_2) = E[X(t_1) - \mu(t_1)][X(t_2) - \mu(t_2)] \quad (3.13)$$

Para $t_1 = t_2$, a função de variância se torna um caso especial da função de autocovariância.

Em momento de ordem mais alta do processo também são definidos, porém não raramente utilizados na prática e as funções média e covariância são iguais.

Conforme [Ehlers 2009 5^o Edição], um processo estocástico é dito estacionário ou de ordem fracamente estacionária se sua função média é constante e sua função de autocovariância depende apenas da defasagem. A defasagem é caracterizada em um processo de análise temporal da distribuição conjunta X_{t_1} e X_{t_2} da distância $t_2 - t_1$, representado pelas equações:

$$E[X(t)] = \mu \quad (3.14)$$

$$Cov[X[t], X(t + \tau)] = \gamma(\tau) \quad (3.15)$$

Ainda para Ehlers, nenhuma outra suposição é feita a respeito dos momentos de ordem mais alto.

3.8 Método das Médias Móveis

O método das médias móveis tem com objetivo suavizar as variações da série por meio de um processo de sucessivas médias (aritmética, geométrica, etc.). Sendo assim a tendência não é forçada a adapta-se a qualquer função matemática, e a priori o método não permite previsões. Levando em conta que o método das médias móveis é considerado um bom recurso para suavizar as flutuações sazonais em séries de curto prazo. O método apresenta uma característica importante que é, quanto maior a ordem da média, maior a suavização das variações (cíclicas sazonais ou aleatórias). Uma das desvantagens do método é o desaparecimento dos dados iniciais e do fim da série, seu uso pode gerar momentos cíclicos ou de comportamentos que não existam nas séries originais. Sobretudo os médios móveis são fortemente afetados por valores externos [Filho. 2009].

3.9 Método dos mínimos quadrados

O método dos mínimos quadrados tem como objetivo ajustar uma função matemática a série temporal para determinação da direção geral. A vantagem da direção da tendência por um modelo matemático em relação às médias móveis, é que podemos fazer estimativas futuras para a série dada. Para [Morettin 2008], o método dos mínimos quadrados deve seguir três passos importantes quando pretendemos determinar a tendência de uma série temporal (ver exemplo na figura 3.17 e 3.18):

1º passo: Elaborar o gráfico para definir visualmente quais funções matemáticas que podem ser ajustadas;

2º passo: Determinar o parâmetro das funções escolhidas e definimos os modelos;

3º passo: Determinar qual a função é a melhor ajustada para os dados.

Conforme as modelos médias móveis e o método dos mínimos quadrados, podemos definir algumas funções com a finalidade de analisarmos uma série temporal. Desta forma, podemos destacar a auto covariância entre Z_t e $Z_t + k$, duas variáveis reais e sendo k intervalo de tempo.

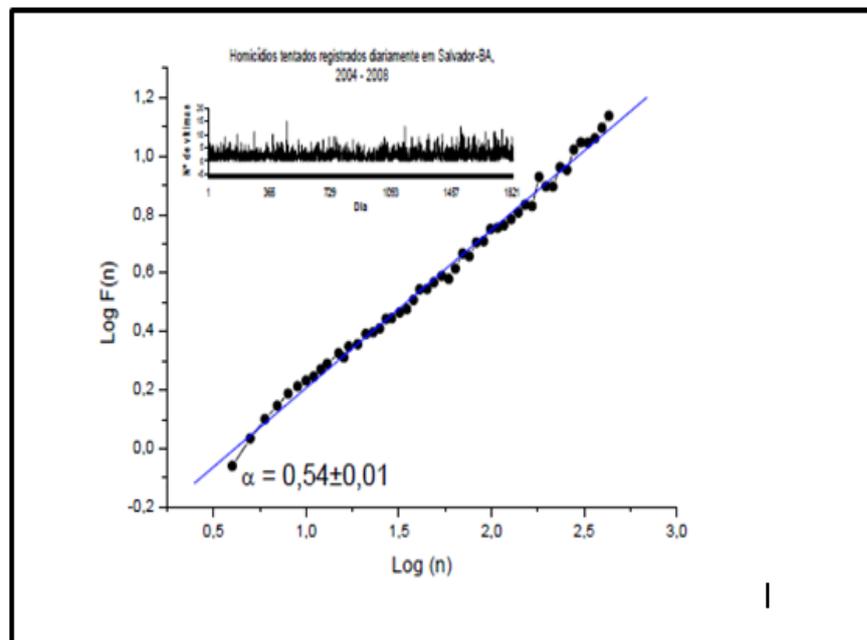


Figura 3.17: Gráfico retirado da dissertação de Filho, 2009. Ajuste pelo método dos mínimos quadrados para uma série de homicídios dolosos registrado na cidade de Salvador-Ba

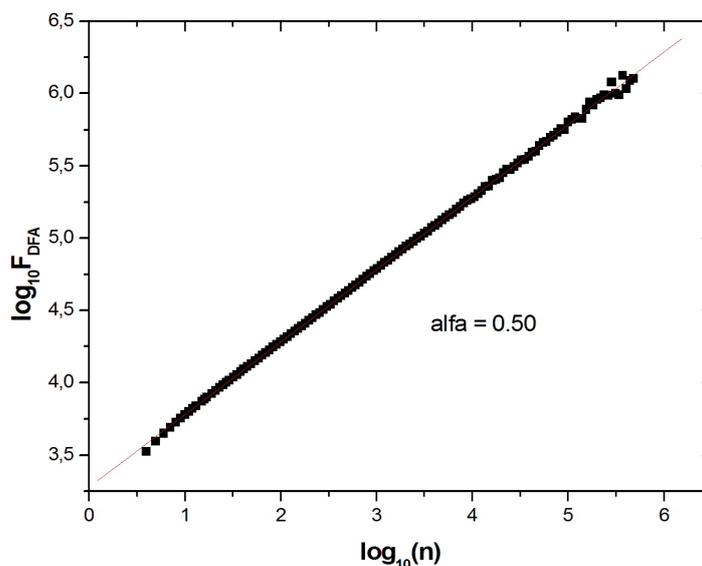


Figura 3.18: Testando a aleatoriedade de um espectro vocal sobre a leitura de um texto por meio do método dos mínimos quadrados.

3.10 Modelagem de uma série temporal

Vários motivos do ponto de vista teórico poderiam ser apresentados como modelagem de uma série temporal, contudo, [Morettin P.A.; Toloí 2004], atrelam dois motivos básicos para modelar uma série temporal, a primeira é transformar os dados originais de uma série, com a finalidade de estabilizar a variância e tornar o efeito sazonal aditivo. Uma outra razão é obter uma série mais próxima possível de uma distribuição simétrica aproximadamente normal, ou seja, média igual a zero ou variância igual a 1.

O modelo sazonal aditivo abordado por Morettin e Toloí, retrata duas abordagens para a combinação de todas as quatro componentes previstas por uma série. Componentes essas conhecidas como: Tendência(T), Ciclo(C), Sazonalidade(S) e erro(E). O modelo aditivo é recomendado, quando a sazonalidade não depende das outras componentes:

$$Y = T + C + S + E. \quad (3.16)$$

Em situação e em que percebe-se as amplitudes sazonais variando com a tendência, o modelo mais adequado é o multiplicativo:

$$Y = T.C.S.E. \quad (3.17)$$

3.11 Memória de longo alcance em série temporal e a análise R/S de Hurst

Para [Filho. 2009], é possível mensurar a existência de correlação em séries temporais através de diversas metodologias. Entre o rol de modelos, pode-se citar a análise R/S clássica de [Hurst 1951] e [Mandelbrot 1972]. Horald E. Hurst (1880 -1978), hidrólogo que passou parte da sua vida observando e dedicando o seu cotidiano, registrando e relacionando situação vividas nas águas do rio Nilo (Feder, 1998). A situação registrada no seu cotidiano estava diretamente relacionado com problemas de otimização de fluxo de água do rio Nilo. Com uma situação de esvaziamento total ou perda de água (transbordo), Hurst tinha como objetivo descrever os problemas de dimensionamento da represa. A estatística R/S proposta por Hurst, consistia em mensurar os volumes através de máximos e mínimos, uma relação direta entre amplitude e desvio padrão. Assim, o modelo de reservatório previsto pelo hidrólogo Hurst, levou em conta os seguintes passos (ver figuras 3.19 e 3.20):

- Sendo o fluxo de água que entra pelo reservatório no instante t dado por $\xi(t)$, então para um tempo τ ,
- determinamos seu valor médio, isto é, $\langle \xi \rangle_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \xi(t)$.
- Logo após, calculamos as seguinte variáveis,

$$X(t, \tau) = \sum_{v=1}^t \xi(v) - \langle \xi \rangle_\tau, \quad (3.18)$$

e

- nesta terceira etapa, calcula-se a diferença entre o maior máximo e mínimo de $X(t, \tau)$ pela expressão:

$$R(\tau) = \text{Max}[X(t, \tau)] - \text{Min}[X(t, \tau)], \quad (3.19)$$

, para $1 \leq t \leq \tau$.

- Feito isto, agora calculamos,

$$S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} [\xi(t) - \langle \xi \rangle_\tau]^2}, \quad (3.20)$$

- Finalmente, dividindo-se $R(\tau)$ por $S(\tau)$, tendo assim uma relação:

$$R/S = \frac{R(\tau)}{S(\tau)}. \tag{3.21}$$

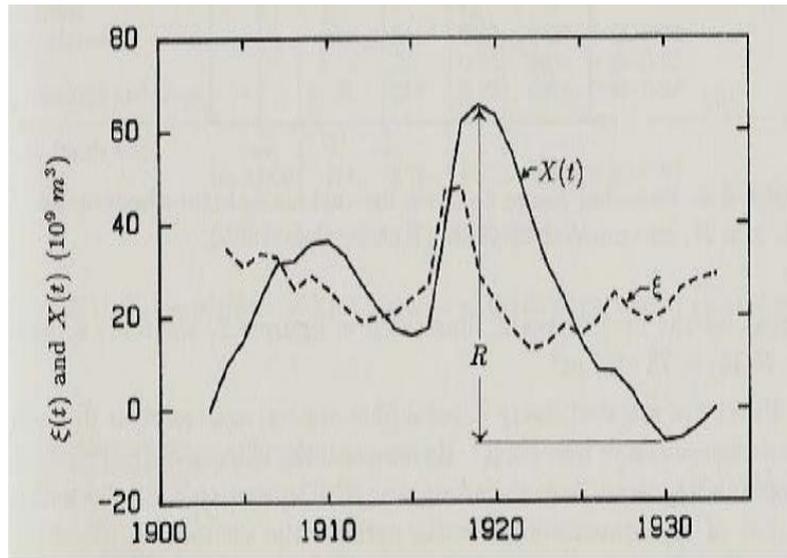


Figura 3.19: Figura retirada de Feder. Modelo do reservatório Hurst (1951) usado para o cálculo de $X(t, \tau)$.

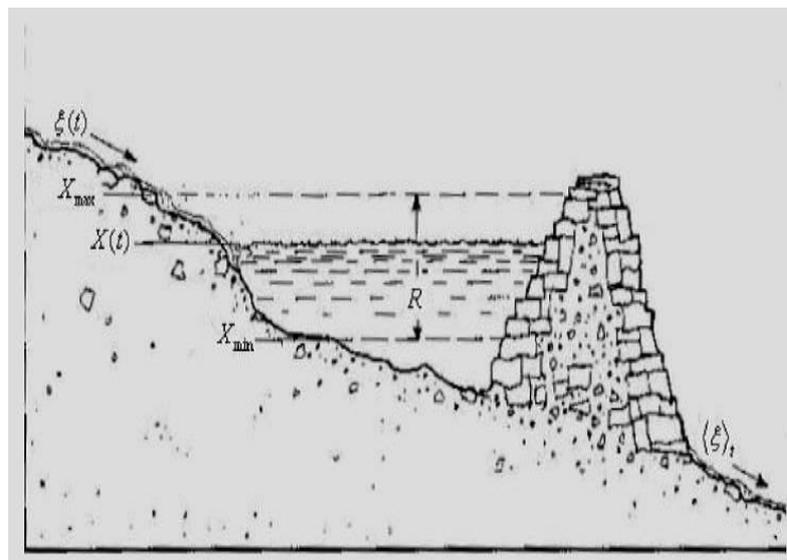


Figura 3.20: Figura retirada de Feder. Modelo do reservatório Hurst (1951) usado para o cálculo de $R(\tau)$.

Hurst, percebeu no caso do rio Nilo que, se considerarmos distintos tamanhos de τ a relação R/S segue uma lei de potência, do tipo:

$$R/S = (\tau/2)^H, \quad (3.22)$$

onde H representa o expoente de Hurst.

De posse do modelo R/S , sabe-se que $0.0 \leq H \leq 1.0$, com as seguintes propriedades, se $H = 0.5$ a série é denotada como browniana ou descorrelacionada (aleatório), se o valor de H estiver entre 0 e 0.5, pode-se inferir que a série apresenta um comportamento de antipersistência, ou seja, um aumento de tendência implica na série redução futura ou uma redução na série implica aumento futuro. Estando o valor de H entre 0.5 e 1.0, a série é dita persistente. Segundo [Filho. 2009], o modelo estatístico R/S proposto por Hurst em 1951, originalmente aplicado em hidrologia, tem aplicação em diversas áreas como exemplo: estudo de temperaturas globais, volatilidade de ativos financeiros entre outros. O método analiticamente necessita de filtragem antes da aplicação com objeto de retirada de tendência. Porém, nesta dissertação será identificada e mensurada a correlação de longa duração em séries temporais por meio do método DFA [Peng 1994], que veremos a seguir.

3.12 Detrended Fluctuation Analysis - DFA

Em estudo com autocorrelação verificamos que determinadas variáveis têm a propriedade de apresentar correlações entre si, em função de influências do passado que geram consequências em dados correntes. Como exemplo, podemos citar a vulnerabilidade das variáveis econômicas de medidas impostas pelos governos que geralmente provocam efeito no presente e em momentos subseqüentes. Se não considerados, estes efeitos podem comprometer o estudo de comportamento da variável. Para identificar tal situação, além da técnica da autocorrelação, destaca-se como uma robusta ferramenta o método DFA (Detrended Fluctuation Analysis).

Tal método foi proposto por C. K. Peng e outros em 1994, tem-se demonstrado muito útil em diversas áreas de aplicação, a priori o método é uma evolução do expoente R/S proposto por [Hurst 1951] e permite identificar a auto-afinidade e também correlação de longo alcance em sinais com tendências polinomiais que possivelmente esteja indeterminando informações na correlação. O método tem-se demonstrado muito promissor para análise em escalas características, principalmente em variáveis possíveis de vulnerabilidade por influências externas, que é uma especulação gerando uma grande instabilidade nas relações monetárias e financeiras internacionais.

Pela facilidade de detectar influências do passado que geram consequências correntes, o

DFA tem demonstrado muito perceptível e acompanhado de um vasto campo de aplicação, tais como: Em computação científica [Zebende G.F; Machado Filho 2009], em séries de demandas de passageiros e veículos do sistema de Ferry Boat(Filho,2005), no estudo de imagens [Freitas 2009], em climatologia[Pedron 2007], [Talkner P.; Weber 2000], aplicado em séries temporais de ar e umidade relativa do ar (Vassoler e Zebende, 2011), no padrão dinâmico de movimentos complexos na deglutição de um indivíduo [Castro 2012], séries biológicas, [Peng 1995], análises de raios-X estelar oriundos de sistemas binários [Moret 2003], entre tantos outros. Conforme [Peng 1994], para que o método DFA seja aplicado é necessário seguir os seguintes passos.

Considerando uma série temporal da variável u_i , como exemplo: espectro vocal com aproximadamente 3 milhões de pontos e um tempo de aproximadamente um minuto (ver figura 3.21), assim:

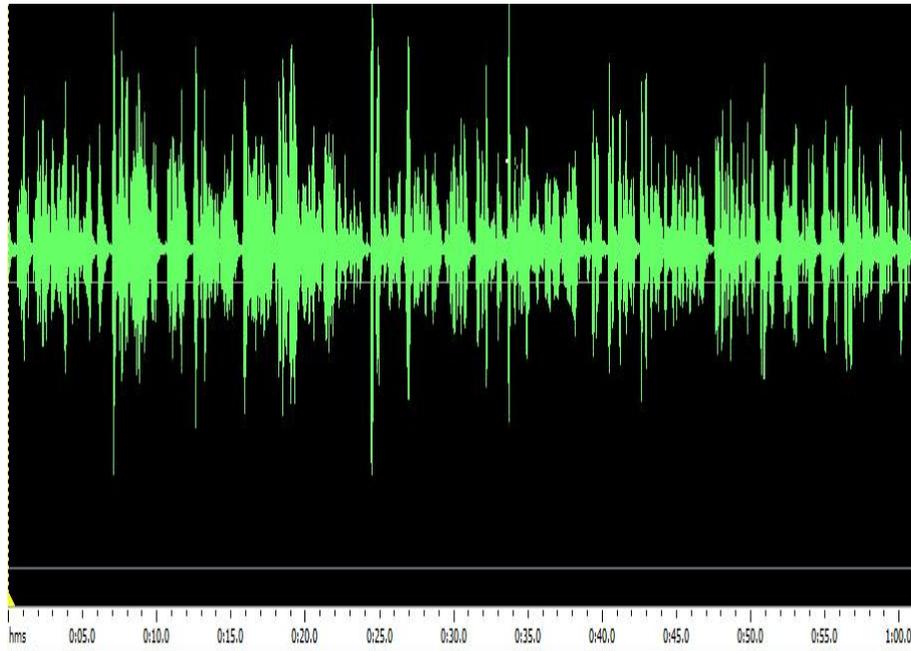


Figura 3.21: Espectro original da voz de um dos indivíduos envolvido na pesquisa gerado pelo Music Editor Free 8.2.5 com 3.500.000 pontos.

1. Calcula-se a média dos registros u_i e obtém assim a série integrada $y(k)$, conforme equação abaixo:

$$y(k) = \sum_{i=1}^k (u(i) - \langle u \rangle), \quad (3.23)$$

onde $\langle u \rangle$ é o valor médio de $u(i)$ (ver figuras 3.22 e 3.23).

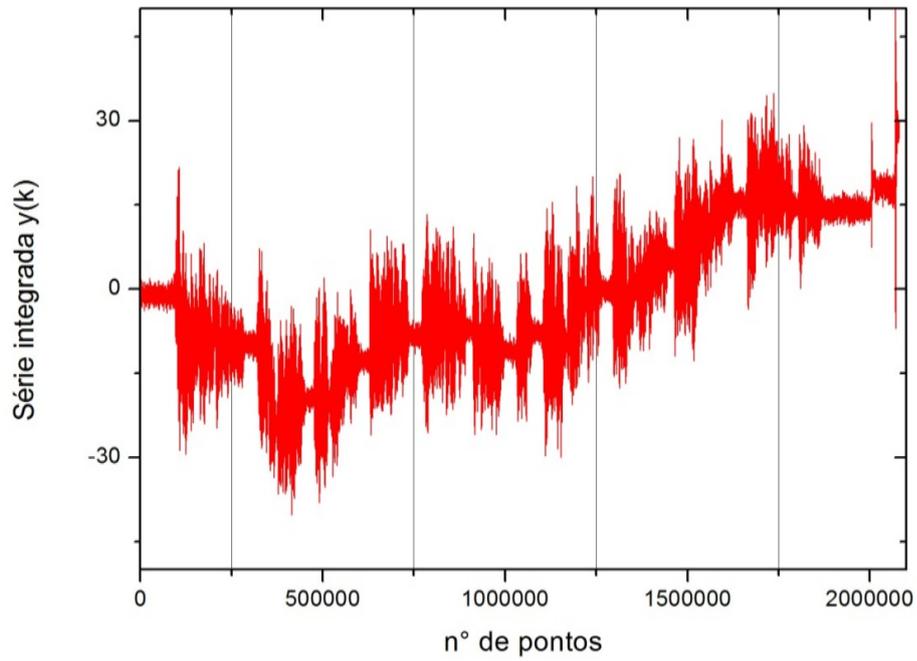


Figura 3.22: Série integrada do espectro vocal de um dos pesquisados pelo autor.

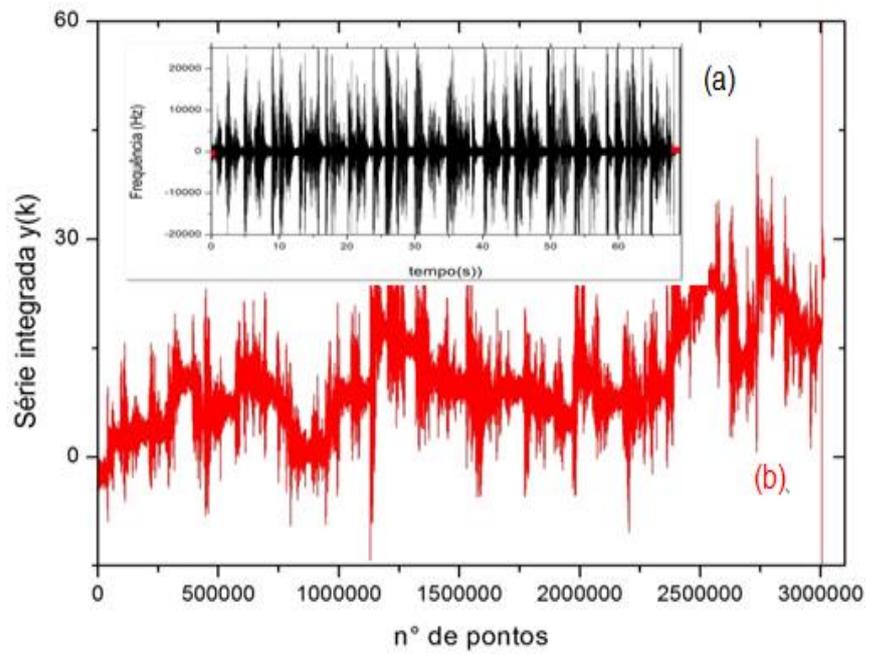


Figura 3.23: (a) Série original do espectro original da voz, (b) Série integrada $y(k)$ do espectro da voz de um dos docentes pesquisados, números de pontos x frequência.

Assim, a proposta desta primeira etapa é eliminar boa parte das perturbações geradas pela série e tornando-a uma nova série estacionária para aplicação das próximas etapas do método.

2. A seguir dividimos a série integrada $y(k)$ em box de tamanho n . Para cada amplitude n , é ajustado um polinômio de primeiro grau ou superior a $y(k)$, que pode ser denominado $y_n(k)$. Este ajuste representa a tendência local na amplitude de tamanho n . Efetuamos a subtração entre as séries y_k e $y_n k$, e para cada amplitude de tamanho n e em seguida calculamos a raiz quadrática média de $F(n)$, isto é (ver figura 3.24 e 3.25),

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2} \quad (3.24)$$

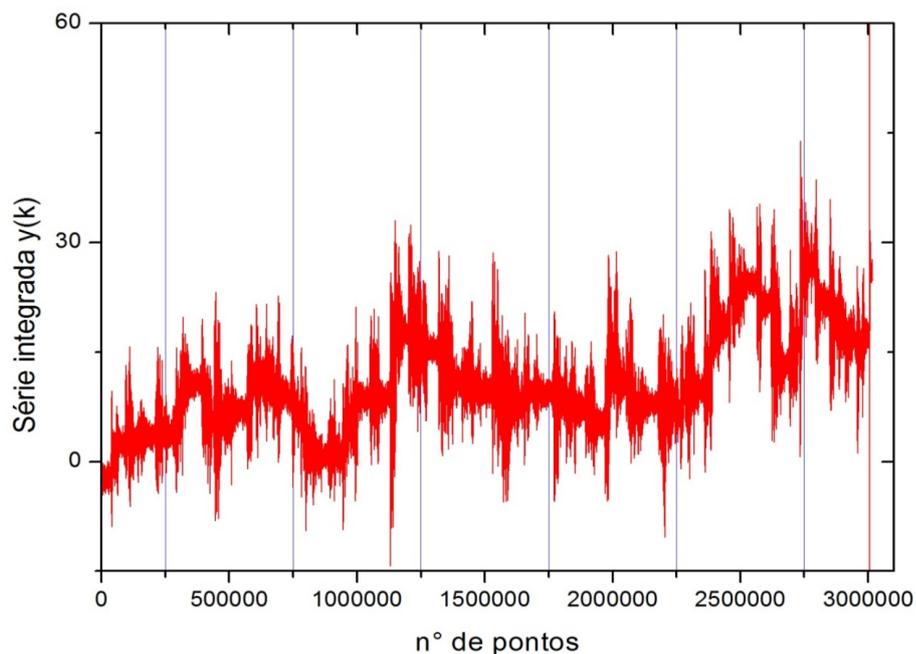


Figura 3.24: Série Integrada $y(k)$ da voz de um dos docentes dividida em (Box) de tamanho 250.000.

Ainda para esta etapa, faz-se necessário repetir sistematicamente para vários boxes de tamanho n .

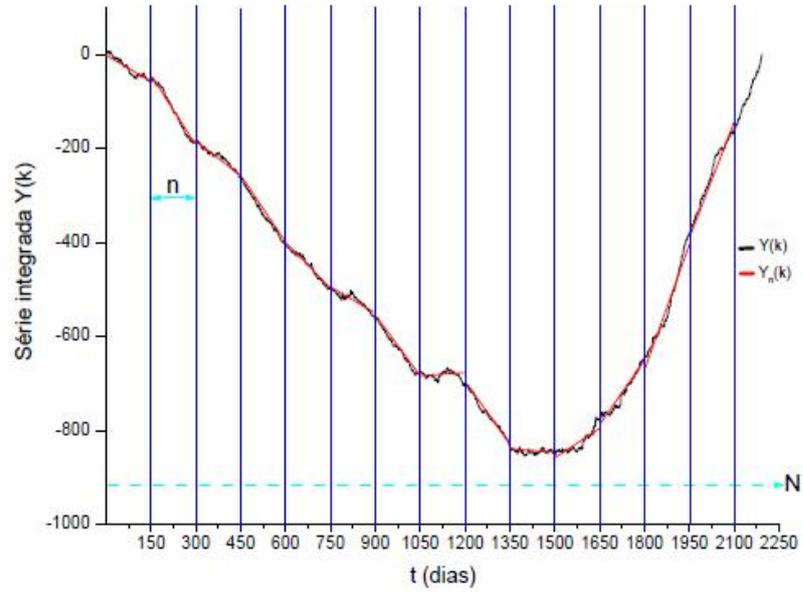


Figura 3.25: Divisão da série temporal integrada y_k dos homicídios dolosos registrados diariamente em Salvador - BA, 2003 a 2008 em boxes de tamanho n , imagem retirada da dissertação de mestrado de (Filho, 2009).

n	$F(n)$
4	
$N/4$	

Figura 3.26: Sistemática usada para diferentes amplitudes (boxes) de tamanho n (Filho, 2009).

3. Finalmente, para vários valores de n , verificar se a função apresenta comportamento de uma lei de potência (implica que uma variável é proporcional a potência da outra), do tipo:

$$F(n) \sim n^\alpha, \quad (3.25)$$

onde, neste caso, alfa (α) representa o coeficiente de correlação de longo alcance (ver figura 3.27). Esta função pode ser linearizada através de um gráfico do tipo log x log, cujo valor de α (o expoente procurado) representa a inclinação da reta.

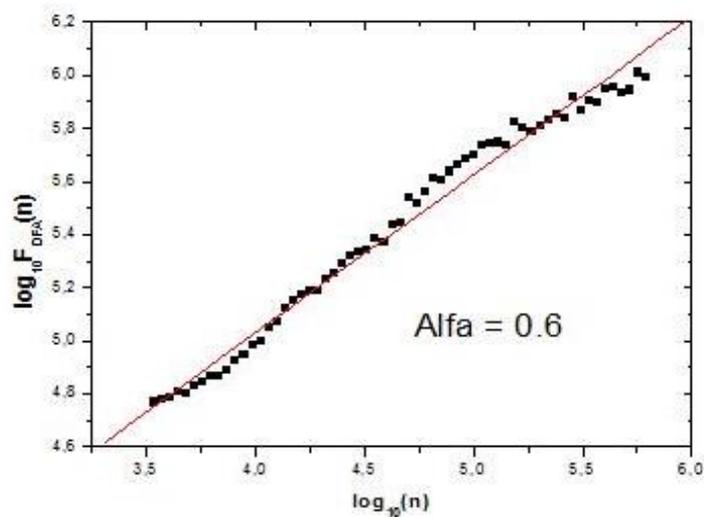


Figura 3.27: Ajuste de uma série pelo método dos mínimos quadrados no DFA de um dos indivíduos pesquisados.

Assim como no caso do modelo R/S de Hurst, para o expoente α podemos afirmar que:

- Se $\alpha < 0.5$, a série apresenta comportamento antipersistente, em que influências positivas no passado não garantem o mesmo resultado no futuro, ou seja, valores grandes (pequenos) tende a serem seguidos por valores pequenos (grandes);
- Se $\alpha = 0.5$, comporta-se como uma série sem memória, completamente aleatória, com média 0 e variância 1, apresenta ruído branco, a série original apresenta valor zero para a função de auto correlação, ou seja, não existe autocorrelação;
- Se $\alpha > 0.5$, podemos afirmar que a série apresenta comportamento persistente, ou seja, influências positivas no passado geram conseqüências positivas no futuro, logo valores grandes (pequenos) tende a serem seguidos por valores grandes (pequenos);

Como visto até então, a ideia central desta dissertação é aplicar o método DFA a um texto que será lido e gravado. O texto de referência é ilustrado na seção seguinte.

3.13 Texto de Referência

Para esta pesquisa, foi usado um texto retirado do artigo: Qualidade vocal de indivíduos submetidos à laringectomia total: Espectro acústico de curto e longo tempo de modalidade de fonação esofágica e traqueoesofágica. Esse texto foi escolhido pelos autores (Jorge et al, 2004)[Jorge.Mariana.Silva. 2004], para investigar parâmetros acústicos de curto e longo tempo da qualidade vocal em modalidade de fonação esofágica. A gravação ocorreu em uma sala da própria instituição, com blindagem acústica. Para coleta dos dados, os indivíduos permaneceram em posição sentada a aproximadamente 30 cm de distância do gravador. Os estímulos captados foram processados por um software livre chamado de MEF (Music Editor Free 8.2.5), sob endereço do fabricante, Web site: <http://www.music-editor.net>, salvo em formato (. wma). Confirmado a gravação e a visualização da fractalidade dos estímulos pelo MEF, as séries geradas foram tratadas, no intuito de obtermos um arquivo ASCII do som produzido.

Conforme os autores do texto, os estímulos gerados pela gravação das falas, destaca-se a emissão da vogal [a] em padrão sustentado e entrecortado, foi preenchida com vogais contento sons explosivos surdos ([p],[t],[k]) e sonoros ([b],[d],[g]) do português brasileiro em posição inicial na estrutura. Leitura composta de segmentos sonoros e um trecho da fala espontânea. O texto foi elaborado no laboratório integrado de análise acústica e cognição da PUC-SP, pelos pesquisadoras Marina Siva Jorge, especialista em voz, Fabiana Nogueira Gregio, pesquisadora do laboratório de cognição acústica e Zuleica Camargo, doutora em linguística aplicada e estímulos da linguagem.

Texto de Referência:

“ Li uma alegoria de um jovem nobre, abordando a viagem de uma ave na índia. A líder das aves é uma bela e animada arara. É a rainha e ninguém duvida da realeza dela. Rainha venerada da região do Vale Dourado. A arara exibiu os dons maravilhosos a ela doados e originados de um dom divino. Aos brados diz: Vamos dominar o ódio e ganhar o reino do Deus amado. Divulga às demais aves as verdades e misérias da vida e julga a maioria dos inimigos dos valores morais de maneira ardorosa. Diz às aves da árdua jornada aos vales do amor, da humildade e da nobreza e ganhos aliados valorosos. Ela ainda verbaliza e já formam aladas voavam mirando o ideal de vida a elas divulgado. Baseados nos novos valores ajudaram uma as outras de verdade e ganharam o galardão real, banhado de ouro. ‘ ‘

Materiais e Método

Neste trabalho investiga-se característica de aprendizagem na leitura por meio de um texto específico em dois momentos distintos com um grupo de 40 indivíduos, ambos divididos em subgrupos (sexo masculino e feminino) para docentes e discentes. Para tal, neste capítulo é apresentado as etapas iniciadas pela leitura do texto, assim como a sistemática da gravação até a geração das séries, também as ferramentas computacionais utilizadas para modelar e interpretar os dados gerados da leitura.

4.1 *Dois momentos para a leitura*

Para [Rose. 2005], é mais conveniente analisar a leitura e a escrita não como comportamentos único, mas como repertórios envolvendo um conjunto de comportamentos distintos, possivelmente acompanhado da repetição. Para aprender, por exemplo uma criança não precisa entonar novas respostas a uma palavra, texto ou frase (ela já fala "fluente-mente" sua língua materna), precisa-se apenas repetir a palavra ou frase com a entonação correta. Desta forma, um texto lido em dois momentos trabalharia as relações de controle entre estas respostas verbais e possivelmente corrigidas. Vale salientar que para o público pesquisado (alunos do 3º ano do ensino médio e docentes com o ensino superior completo) esse distúrbio seja ajustado mais facilmente com uma nova leitura. Com essa informação estrita por por Rose em seu artigo: "ANÁLISE COMPORTAMENTAL DA APRENDIZAGEM DE LEITURA E ESCRITA" foi feito a gravação em dois momentos distintos.

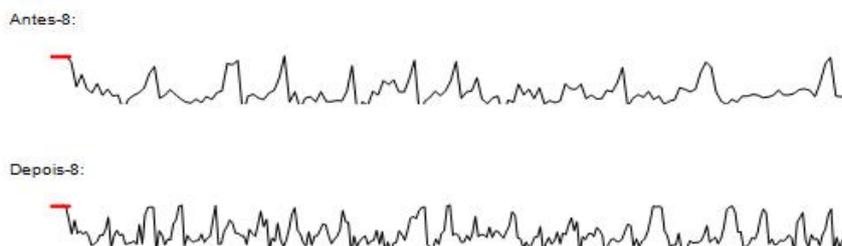


Figura 4.1: Séries gerada com o traço do espectro vocal feminino, tomadas antes com dois milhões de pontos e depois com dois milhões e quatrocentos mil pontos.

4.2 Gerando as séries

As séries geradas apresentaram uma variação de pontos entre um milhão e duzentos mil pontos a quatro milhões de pontos. Em decorrência do próprio processo de gravação dada pelo leitor, tais séries precisaram serem subtraídas em média oitocentos e trinta pontos no início e final. Todos esses pontos foram subtraídos com o objetivo de manter a integridade de todo o texto lido e não mascarar futuros resultados gerados pelo DFA, tratava-se do tempo inicial e final da leitura, ou seja, o tempo em que foi ligado o gravador e iniciado a leitura e também o período em que encerrava a leitura e mantinha-se ligado o aparelho. Para gerar essa séries foram usado três etapas com ferramentas distintas:

- A primeira foi a gravação da leitura do texto em dois momentos em um ambiente com blindagem acústica. Para tal processo usamos o aplicativo para android, instalado em um celular, ver figura 4.3.
- Em seguida essas gravações foram visualizadas em um software específico para edição de música, chamado de Music Editor Free. Neste software além de visualizar a gravação foi possível retirar trechos com imperfeições e também transformar o arquivo gravado do formato (.wma) para (.wav);
- Por fim com a ajuda do Software Origin 6.0 foi possível importar a gravação e retirado da série no formato TXT, utilizadas na aplicação do método já citado no capítulo 3 (DFA);

Obs. No decorrer da dissertação será fornecido informações mais detalhadas dos softwares acima citado nas etapas para geração das séries.

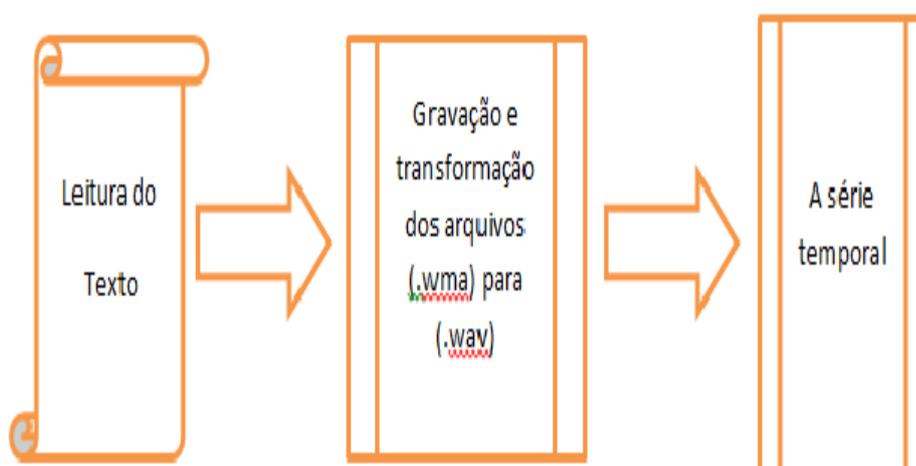


Figura 4.2: Sequência utilizada para geração das séries.

Tabela 4.1: Tabela com o número de pontos associados ao "primeiro" grupo de pessoas que gravaram o texto. Docentes do sexo Feminino.

Grupo A	ANTES	DEPOIS	%
P 1	2.090.000	3.180.000	34,28
P 2	3.320.000	3.830.000	13,31
P 3	3.240.000	3.660.000	11,48
P 4	2.700.000	3.100.000	12,90
P 5	3.010.000	3.230.000	6,81
P 6	3.100.000	3.380.000	8,28
P 7	2.970.000	3.640.000	18,41
P 8	1.220.000	3.660.000	66,67
P 9	1.970.000	3.610.000	45,43
P 10	3.220.000	3.290.000	2,13

Tabela 4.2: Tabela com o número de pontos associado ao "primeiro" grupo de pessoas que gravaram o texto. Docentes do sexo masculino.

Grupo B	ANTES	DEPOIS	%
P 11	2.660.000	2.770.000	6,14
P 12	2.650.000	2.700.000	1,74
P 13	2.650.000	3.550.000	24,93
P 14	3.550.000	3.830.000	7,31
P 15	2.170.000	3.150.000	31,11
P 16	2.500.000	2.950.000	15,25
P 17	2.480.000	2.800.000	11,43
P 18	2.450.000	2.970.000	17,50
P 19	2.550.000	2.760.000	7,61
P 20	2.350.000	2.760.000	14,85

As tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, referem-se a contagem de pontos em dois momentos, antes e depois, acompanhada do percentual sobre a diferença entre as mesmas.

Tabela 4.3: Tabela com o número de pontos associado ao "segundo" grupo de pessoas que gravaram o texto. Dicente do sexo feminino.

Grupo C	ANTES	DEPOIS	%
T 1	2.400.000	2.680.000	10,45
T 2	2.600.000	2.700.000	3,70
T 3	2.600.000	2.800.000	7,14
T 4	2.900.000	3.100.000	6,45
T 5	3.700.000	4.000.000	7,50
T 6	3.130.000	3.640.000	14,01
T 7	2.970.000	3.140.000	5,41
T 8	3.600.000	3.200.000	-12,50
T 9	2.370.000	3.610.000	34,35
T 10	2.010.000	2.150.000	6,51

Tabela 4.4: Tabela com o número de pontos associado ao "segundo" grupo de pessoas que gravaram o texto. Dicente do sexo masculino.

Grupo D	ANTES	DEPOIS	%
T 11	1.900.000	3.300.000	42,42
T 12	2.000.000	2.850.000	29,82
T 13	2.650.000	3.530.000	24,93
T 14	3.550.000	3.830.000	7,31
T 15	2.670.000	3.600.000	25,83
T 16	4.000.000	2.830.000	-41,34
T 17	3.500.000	3.560.000	1,69
T 18	2.750.000	2.870.000	4,18
T 19	3.800.000	3.500.000	-8,57
T 20	3.700.000	3.790.000	0,90

4.3 Ferramentas utilizadas

Com o objetivo de atender ao trabalho, desde do processos de gravação até a geração dos gráficos, foi necessário a utilização de alguns softwares. Tais como:

- O aplicativo para android Sound-Meter usado para medir a intensidade sonora em dB. Com esse decibelímetro foi possível criar uma blindagem acústica e monitorar o ambiente, até porque para tal condição o ambiente deveria estar oscilando entre 40dB e 46 dB. Ver figura 4.3.
- Toda a gravação foi captada com um pequeno gravador que grava em formato MP3 (Trata-se de um padrão de arquivos digitais de áudio). O formato foi escolhido por ter sua taxa de bits da ordem de Kbps (quilobits por segundo), sendo 128 Kbps a taxa-padrão, na qual a redução do tamanho do arquivo é de cerca de 90 por cento, ou seja, o tamanho do arquivo passa a ser 1/10 do tamanho original.
- Para todo processo de visualização dos gravações e transformação de formato, foi utilizado o software Music Editor Free 8.2.5. Entre tantos softwares disponível na internet, ele foi escolhido pela facilidade de interação com sua interface gráfica. Disponível no endereço: <http://www.music-editor.net/> e visível pela figura 4.4



Figura 4.3: aplicativo android usado para medir a intensidade sonora em dB. Fonte - <http://www.androidpit.com.br/pt/android/market/apps/app/kr.sira.sound/Decibelmetro-Sound-Meter>

Monitoramento do ambiente com o aplicativo "SOUND MATER. Ver fig 4.3

- 80dB: Rua movimentada, alarme.
- 70dB: Trânsito local, toque de telefone.
- 60dB: Conversação normal a 1m.
- 50dB: Escritório tranquilo.
- 40dB: Área residencial silenciosa.
- 30db: Sussuro a 1m, biblioteca.

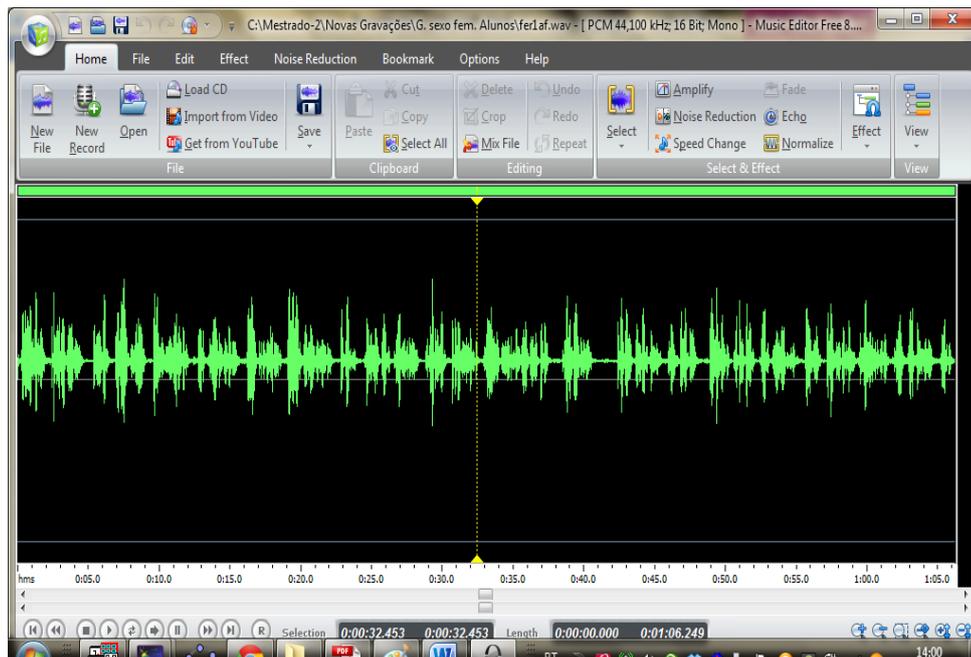


Figura 4.4: Imagem do software MEF. Recurso usado nas gravações. Fonte - <http://www.music-editor.net/>

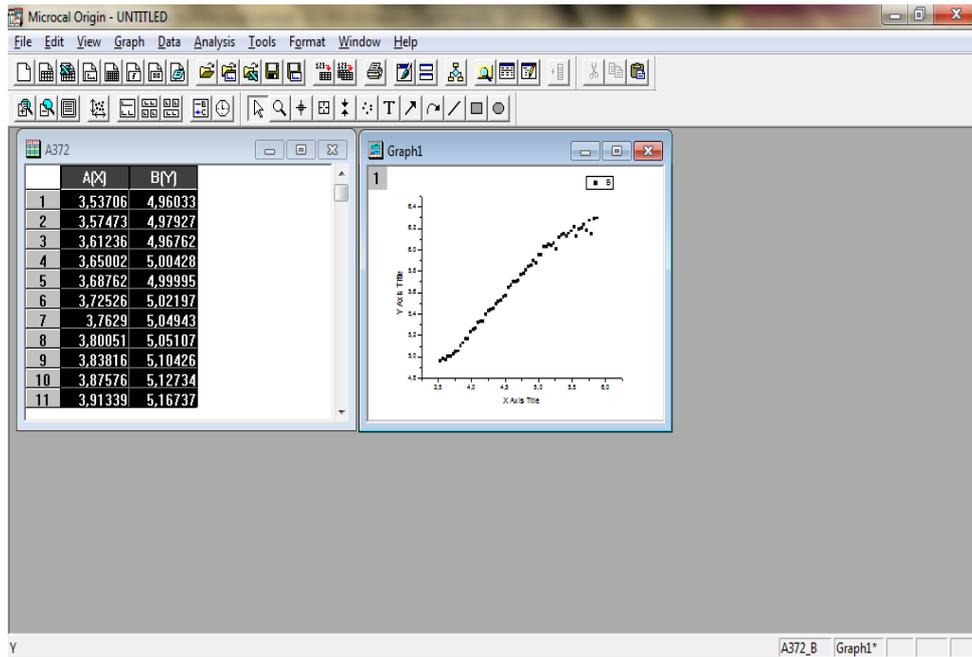


Figura 4.5: Imagem do software Origin 6.0 usado para visualizar e tratar as séries e geração dos gráficos. Disponível no endereço: <http://www.originlab.com/>

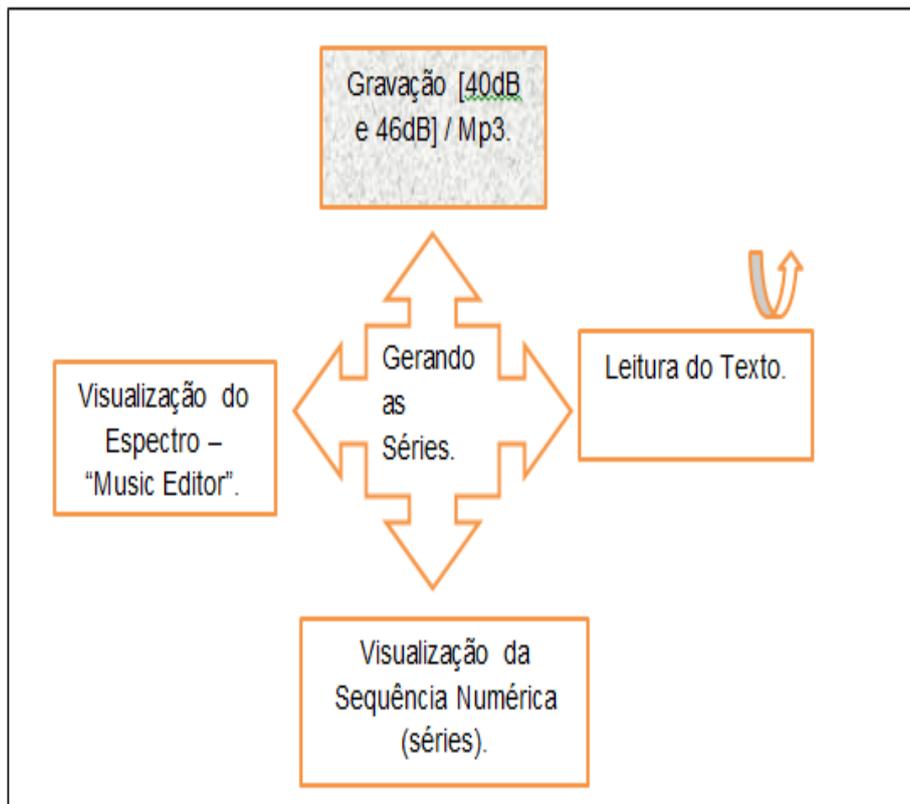


Figura 4.6: Sequência usada para gerar as séries em conjunto com o gravador Mp3, o MEF e o Origin 6.0.

Resultados e Conclusões

5.1 Análise via DFA

Visando atender o objetivo desse estudo, ou seja, identificar e mensurar a correlação de longo alcance na leitura de um texto assistemático, em dois momentos distintos. Medimos a correlação de longo alcance através do método DFA, em conjunto do expoente (α) de correlação de longo alcance conforme vistos nas Tabelas 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4. Os resultados apresentados nas referidas tabelas permitem avaliar se a série apresenta comportamento persistente, antipersistente ou descorrelacionado para o período estudado.

Como já foi dito no capítulo 3 deste estudo, a interpretação do expoente (α) deve considerar três situações: $\alpha = 0.50$ (comporta-se como uma série sem memória), $\alpha < 0.50$ (comportamento antipersistente) e por fim $\alpha > 0.50$ (série persistente).

Como base de comparação entre os dicentes, conforme figura 5.1, a primeira leitura apresentou aleatoriedade. Já para a segunda leitura com $\alpha = 0.59$, foi detectado comportamento de persistência. Para ambos, percebe-se flutuação entre o antes e depois e cada gráfico foi gerado com 20 indivíduos.

Para os docentes, conforme figura 5.2, percebe-se que a característica de persistência para o antes e depois foi mantido, porém com de flutuação.

Tentando compreender melhor o comportamento de 40 leitores, entre eles dicentes e docentes, totalizando 80 séries com uma média de três milhões de pontos, foi incorporado a pesquisa dois professores especialistas em leitura e interpretação de texto da "Escola Djalma Pessoa". Os resultados para este teste com os especialistas apresentaram persistência entre o antes e depois com α médio de 0.61, conforme figura 5.3.

O DFA apresentou para essas amostras que em docentes masculino, dicentes feminino e dicentes masculino a aleatoriedade ficou caracterizado na primeira leitura, conforme tabela 5.5. Já para os docentes feminino caracterizou persistência.

Analisando a segunda leitura de forma separada (sexo masculino de sexo feminino, docente e discente), ficou evidenciado pelo método que todas as amostras caracterizaram persistência, conforme tabela 5.5.

Para todas as séries geradas e analisada pelo DFA não foi encontrado característica de

antipersistência, ou seja $\alpha < 0.5$.

Por fim, conforme tabela 5.5, percebe se que docentes masculino, dicentes feminino e dicentes masculino apresentara α bem próximos para a primeira leitura ($\alpha = 0.53$), já os docentes feminino apresentaram ($\alpha = 0.60$), ambos para a primeira leitura. Sobretudo, um equilíbrio na segunda com $\alpha = 0.59$.

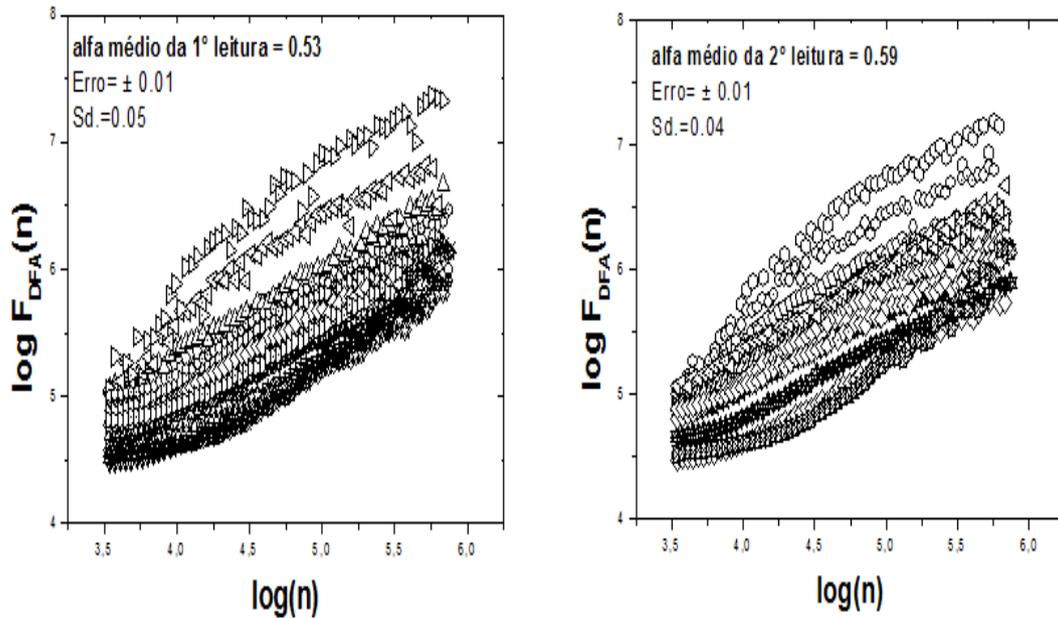


Figura 5.1: Comparação entre a primeira e a segunda leitura para DICENTES.

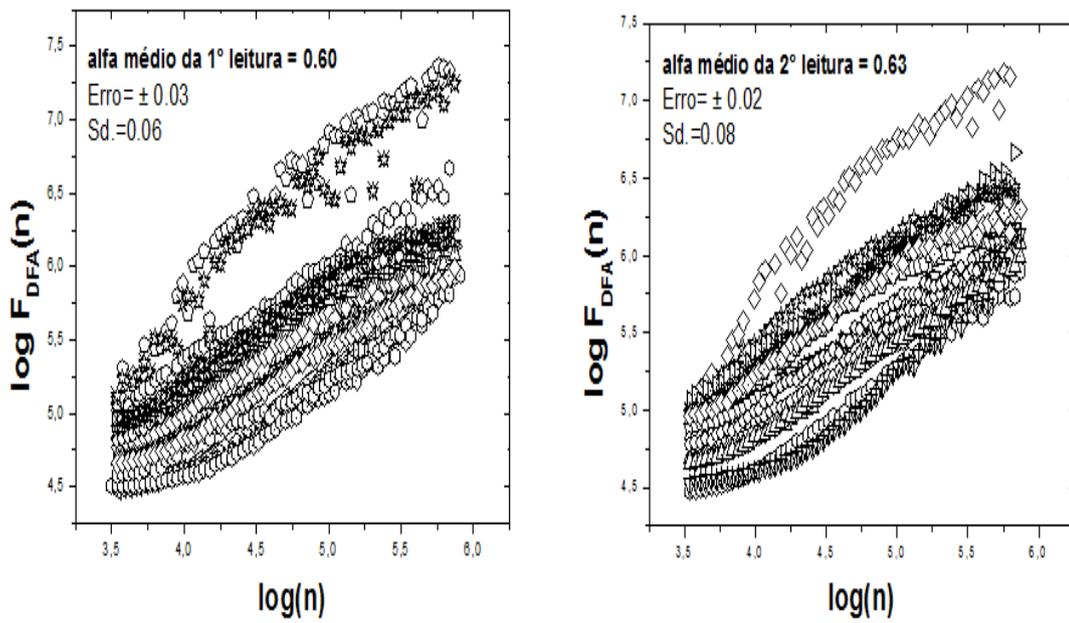


Figura 5.2: Comparação entre a primeira e a segunda leitura para DOCENTES.

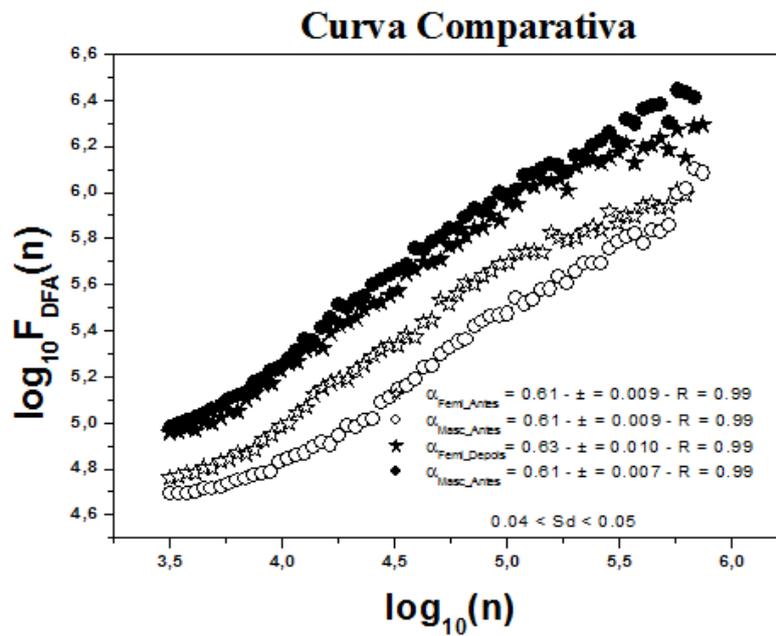


Figura 5.3: Curva comparativa gerada pela leitura dos profissionais escolhidos.

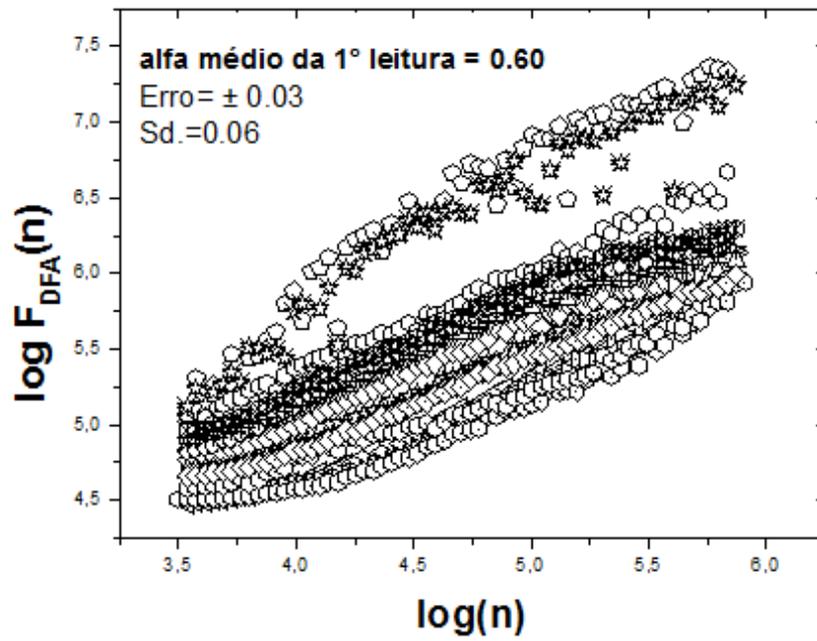


Figura 5.4: Gráfico gerado pela primeira leitura dos DOCENTES com o médio.

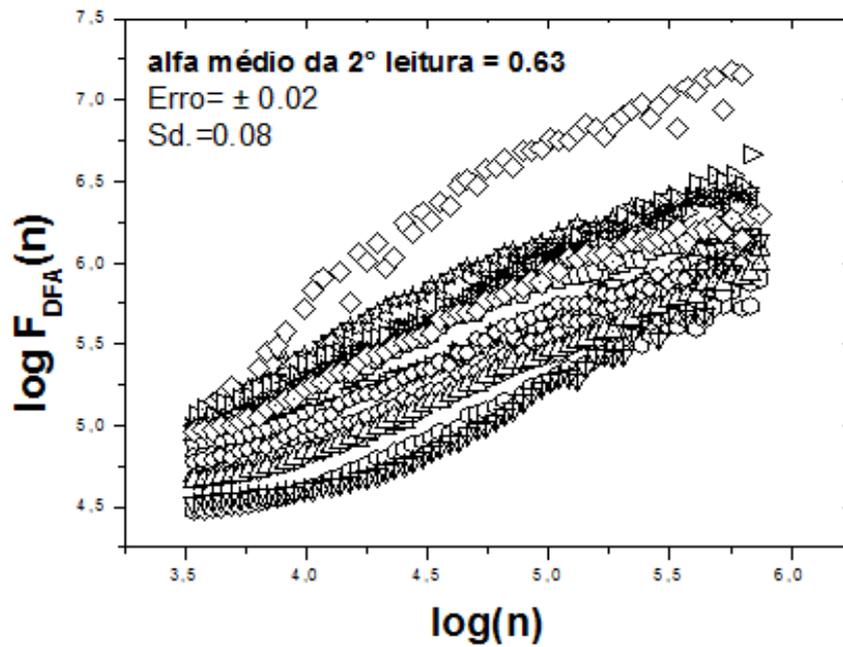


Figura 5.5: Gráfico gerado pela segunda leitura dos DOCENTES com o médio.

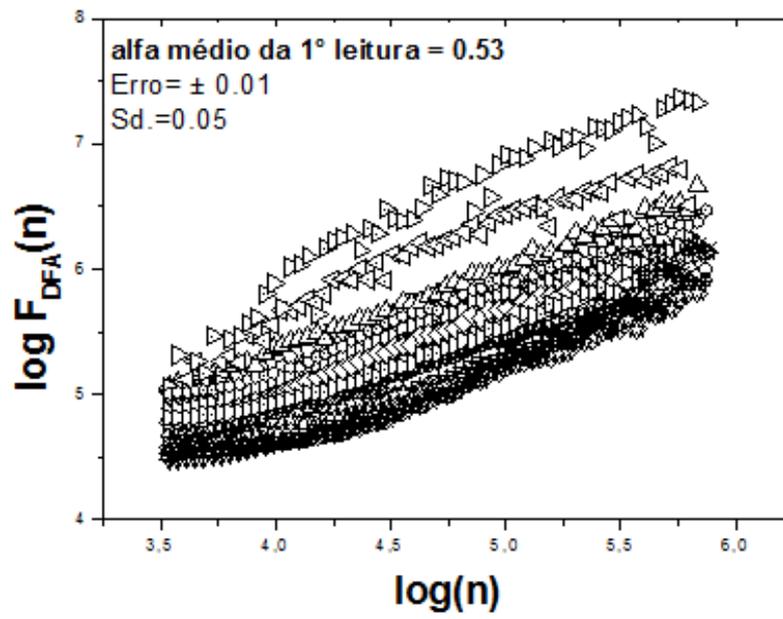


Figura 5.6: Gráfico gerado pela primeira leitura dos DISCENTES com o médio.

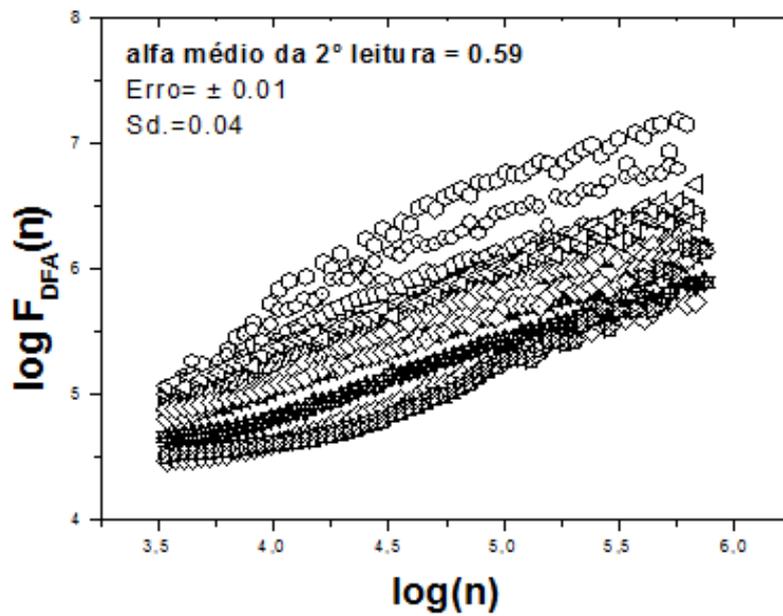


Figura 5.7: Gráfico gerado pela segunda leitura dos DISCENTES com o médio.

Tabela 5.1: Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Docentes - feminino) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).

Grupo A	Alfa Antes	Alfa Depois
Docente Fem. 1	0,60	0,62
Docente Fem. 2	0,60	0,62
Docente Fem. 3	0,58	0,61
Docente Fem. 4	0,59	0,62
Docente Fem. 5	0,60	0,60
Docente Fem. 6	0,60	0,62
Docente Fem. 7	0,53	0,60
Docente Fem. 8	0,55	0,58
Docente Fem. 9	0,53	0,57
Docente Fem. 10	0,51	0,54
Valor Médio =	0,57	0,60

Tabela 5.2: Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Docentes - masculino) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).

Grupo B	Alfa Antes	Alfa Depois
Docente Mas. 1	0,59	0,61
Docente Mas. 2	0,51	0,55
Docente Mas. 3	0,60	0,61
Docente Mas. 4	0,59	0,60
Docente Mas. 5	0,55	0,59
Docente Mas. 6	0,61	0,63
Docente Mas. 7	0,58	0,62
Docente Mas. 8	0,51	0,63
Docente Mas. 9	0,51	0,58
Docente Mas. 10	0,55	0,59
Valor Médio =	0,56	0,59

Tabela 5.3: Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Discentes - feminino) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).

Grupo C	Alfa Antes	Alfa Depois
Discente Fem. 1	0,48	0,52
Discente Fem. 2	0,51	0,52
Discente Fem. 3	0,49	0,52
Discente Fem. 4	0,53	0,58
Discente Fem. 5	0,55	0,59
Discente Fem. 6	0,55	0,58
Discente Fem. 7	0,58	0,61
Discente Fem. 8	0,53	0,55
Discente Fem. 9	0,55	0,58
Discente Fem. 10	0,55	0,56
Valor Médio =	0,53	0,56

Tabela 5.4: Tabela dos valores dos expoentes α do primeiro grupo (Discentes) para a primeira leitura (antes) e para a segunda leitura (depois).

Grupo D	Alfa Antes	Alfa Depois
Discente Mas. 1	0,60	0,60
Discente Mas. 2	0,55	0,61
Discente Mas. 3	0,50	0,61
Discente Mas. 4	0,55	0,59
Discente Mas. 5	0,55	0,61
Discente Mas. 6	0,58	0,61
Discente Mas. 7	0,58	0,61
Discente Mas. 8	0,55	0,58
Discente Mas. 9	0,53	0,58
Discente Mas. 10	0,52	0,55
Valor Médio =	0,55	0,60

Tabela 5.5: Valor médio do (α) gerados pelos quatro grupos.

CATEGORIA	alfa(1º leitura)	alfa(2º leitura)
Grupo dos Docentes feminino	0,60	0,61
Grupo dos Docentes masculino	0,53	0,59
Grupo dos Discentes feminino	0,53	0,56
Grupo dos Discentes masculino	0,55	0,60

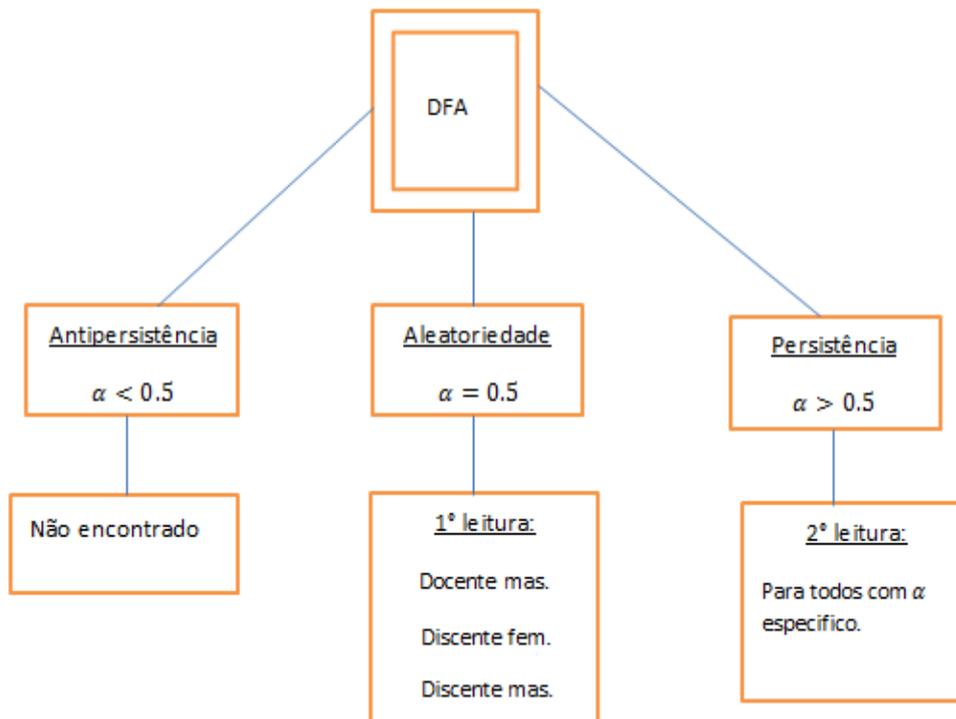


Figura 5.8: Modelo interpretativo do DFA.

5.2 Conclusão

Ao relacionar o expoente de correlação de longo alcance obtido a partir do DFA com a tendência da série, verificou que, docentes masculinos, discentes femininos e discentes masculinos apresentaram características de aleatoriedade para a primeira leitura e persistência para a segunda. Já os docentes femininos apresentaram característica de persistência para o antes e depois.

Diante da aplicação do método DFA não foi encontrado característica de antipersistência nas séries.

Após aplicação do DFA em séries geradas pela gravação da leitura de um texto assintótico, pode-se pensar em sua aplicação para leitura de texto diferentes e com outras vertentes, visando aprimoramento da leitura e até acompanhamento na aprendizagem. Acredito também, ser um excelente quantificador para profissionais que utilizam a leitura como instrumento de avaliação.

Considerações finais

6.1 *Pespectivas futuras*

No Brasil entre 30% e 40% da população que frequentam as séries do ensino fundamental, apresentam algum tipo de dificuldade, desses 3% a 5% apresentaram dificuldade na leitura, essa dificuldade a exemplo da conhecida dislexia. Lembrando que essa dificuldade move neurologistas, psicólogos e psicopedagogos. Sobretudo, muito pouco explorado pelos linguístas com esse enfoque matemático.

Sendo assim, diante do meu interesse pelo método e por acreditar em contribuições futuras, penso que essa modelagem conjunta utilizado do método DFA com a teoria proposta de gravação da leitura, possa contribuir muito. Assim, sugiro como implementação futura, que seja testado em outros indivíduos com textos de tamanhos variados.

Acredito que a metodologia aplicada neste trabalho, possa está sendo testada também em indivíduos com dificuldades de soletrar e identificar palavras mais simples (DISLEXIA);

A priori, como proposta futura, que sejam feitos testes do método em pessoas que sofreram algum tipo de alteração na voz, processos cirúrgicos ou até mesmo pessoas com lesões cerebrais.

Anexos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisador: Florêncio Mendes oliveira Filho

Orientador: Gilney Figueira Zebende

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário (a) da pesquisa que tem como tema: Esforço vocal associado à atividade docente, situada na Avenida Orlando Gomes (escola Djalma Pessoa), Salvador- BA, mediante assinatura desse termo. O objetivo desta pesquisa é propor uma análise sobre a situação vocal dos docentes (uma amostra), especialmente através do espectro da voz.

Sua participação nesta pesquisa consiste em se submeter a uma gravação em dois momentos - início e fim da jornada de trabalho. É importante ressaltar que não será realizado nenhum procedimento que lhe traga qualquer desconforto ou risco a sua vida. Os benefícios relacionados à sua participação contribuirão para o desenvolvimento da pesquisa na área de fonoaudiologia e da modelagem computacional.

A participação nesse estudo é voluntária, sendo permitida a sua interrupção a qualquer momento, sem que isso incorra em penalidades ou prejuízos na relação com o pesquisador ou com a instituição onde será realizada a pesquisa. Você poderá solicitar esclarecimentos sobre qualquer aspecto da pesquisa quando precisar. Caso aceite participar, gostaríamos que soubesse que a sua identidade será mantida em absoluto sigilo, não sendo de maneira alguma associada às informações obtidas neste estudo. Os resultados obtidos serão utilizados para meios científicos.

Dessa forma, solicitamos autorização para que essas informações sejam divulgadas em meios científicos, como revistas, jornais e congressos. Pela participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade, e sim do pesquisador. Caso aceite participar, você receberá a cópia desse consentimento. Sem mais, os responsáveis pela pesquisa estão à sua disposição. Para esclarecer dúvidas referentes a esse estudo, você pode também entrar em contato com Florêncio através do telefone: 71-99836464. Agradecemos sua participação nessa pesquisa.

Declaro ter explicado ao voluntário da pesquisa o objetivo do estudo e os procedimentos.

Este termo será assinado em duas vias, uma será do voluntário, outra do pesquisador.

Florêncio Mendes Oliveira Filho

Gilney Figueira Zebende - SENAI/CIMATEC (Orientador)

Declaro para os devidos fins que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado (a) pelo (a) pesquisador (a) responsável quanto aos procedimentos que serão realizados, entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Salvador, — / — / —

Voluntário / Responsável

Referências Bibliográficas

- [Castro 2012]CASTRO, A. P. N. d. *Método de detecção de padrões na dinâmica dos movimentos complexos na deglutição de um indivíduo..* [S.l.], 2012. [3.12](#)
- [Ehlers 2009 5° Edição]EHLERS, R. S. *Análises de Séries Temporais.* [S.l.: s.n.], 2009 5° Edição. [3.1](#), [3.1](#), [3.1](#), [3.2](#), [3.5](#), [3.6](#), [3.7](#)
- [Esquivel R.M.; Senna 2012]ESQUIVEL R.M.; SENNA, V. d. G. G. d. S. Análises espectrais singular: Comparação de previsões em séries temporais. *Revista ADM.MADE*, v. 16, p. 87–101, 2012. [3.1](#)
- [Filho. 2009]FILHO., A. M. da S. *Correlação de Longo Alcance em indicadores de Criminalidade de Salvador-Ba. DFA DCCA.* 2009. [1](#), [3.8](#), [3.11](#), [3.11](#)
- [Fonseca J.S.; Martins 1985]FONSECA J.S.; MARTINS, G. G. *Estatística Aplicada.* [S.l.: s.n.], 1985. [3.1](#), [3.4](#)
- [Fontoura 2004]FONTOURA, C. R. S. D. R. Distúrbio da aquisição da linguagem e da aprendizagem. *JJornal de Pediatria- Sociedade Brasileira de Pediatria.*, v. 80, p. 95 – 103, 2004. [1](#)
- [Freitas 2009]FREITAS, R. e. a. *Análise de anisotropia de imagens utilizando o método DFA: um estudo de caso na área de exploração de petróleo.* Dissertação (Mestrado) — XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto São José dos Campos., 2009. [3.12](#)
- [Halliday Resnick 2009]HALLIDAY RESNICK, W. *Fundamentos da Física V.2.* [S.l.]: Halliday, 2009. [2.2](#), [2.5](#)
- [Hurst 1951]HURST, E. Transactions of the american society of civil engineres. v. 116, p. 770–779, 1951. [3.11](#), [3.12](#)
- [Jorge.Mariana.Silva. 2004]JORGE.MARIANA.SILVA. Qualidade vocal de indivíduos submetidos a laringectomia total: Aspectos acústicos de curto e de longo termo em modalidades de fonação esofágica e traqueoesofágica.. *CEFAC*, v. 6, n° 3, p. 319, 2004. [2.5.1](#), [3.13](#)
- [Mandelbrot 1972]MANDELBROT, B. Annals of economic and measurement. *Statistical methodology for non-periodical cycles: from the covariance to R/S analysis*, v. 1, p. 259–290, 1972. [3.11](#)
- [MATUCK 2005]MATUCK, G. R. *Processamento de Sinais de voz Padrões Comportamentais por Redes Neurais Artificiais.* [S.l.]: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INPE (SICINPE)., 2005. [2.1](#)

- [Moret 2003]MORET, M. A. e. a. Fluctuations analysis of stellar x-ray binary systems. *Physical Review E*, v. 68, p. 41104, 2003. [3.12](#)
- [Morettin 2008]MORETTIN, P. *Econometria Financeira*. [S.l.: s.n.], 2008. [3.7](#), [3.9](#)
- [Morettin P.A.; Toloi 1987]MORETTIN P.A.; TOLOI, C. *Previsão de séries temporais*. [S.l.]: 2º ed. São Paulo., 1987. [3.1](#), [3.1](#)
- [Morettin P.A.; Toloi 2004]MORETTIN P.A.; TOLOI, C. *Análises de Séries Temporais*. [S.l.]: ABE- Projeto Fisher., 2004. [3.1](#), [3.1](#), [3.10](#)
- [Pedron 2007]PEDRON, I. Correlação em séries temporais de temperatura na região de cascavel- estado do paraná. *Acta Scientiarum. Technology, Maringá.*, v. 29, p. 205–208, 2007. [3.12](#)
- [Peng 1994]PENG, C. e. a. On the mosaic organization of dna sequences. *Physical Review E*, v. 49, p. 1685–1689, 1994. [3.11](#), [3.12](#)
- [Peng 1995]PENG, C. K. e. a. Statistical properties of dna sequences. *Physical Review A*, v. 221, p. 180, 1995. [3.12](#)
- [Ribeiro 2003]RIBEIRO, C. *Processamento Digital da fala*. [S.l.: s.n.], 2003. [2.1](#)
- [Rose. 2005]ROSE., J. C. de. Análise comportamental da leitura e escrita. *Revista Brasileira da Análise do Comportamento.*, v. 1, p. 29–50, 2005. [4.1](#)
- [Rossing 1990]ROSSING, T. D. *The Science of Sound*. [S.l.: s.n.], 1990. [2.2](#), [2.3](#), [2.5](#)
- [Souza 1989]SOUZA, R. C. *Modelos Estruturais para previsão de Séries Temporais: Abordagem Clássica e Bayesiana*. [S.l.]: In; 17º Colóquio Brasileiro de matemática. Rio de Janeiro., 1989. [3.1](#)
- [Souza R.C.; Camargo 2º edição, 2004.]SOUZA R.C.; CAMARGO, M. Análises e previsão de series temporais:mos modelos arima. 2º edição, 2004. [3.6](#)
- [Stork 2004]STORK, R. E. B. e D. G. *The Physics of Sound*. [S.l.: s.n.], 2004. [2.2](#), [2.4](#), [2.5](#)
- [Talkner P.; Weber 2000]TALKNER P.; WEBER, R. Power spectrum and detrended fluctuation analysis: Application to daily temperatures. *Phys. Rev. E*, v. 62, p. 150–160, 2000. [3.12](#)
- [Veiga R.D 1999]VEIGA R.D, . S. T. *Anaálise de regressão e séries temporais*. [S.l.]: UFLA / FAEPE, Larvas., 1999. [3.2](#)
- [Zebende G.F; Machado Filho 2009]ZEBENDE G.F; MACHADO FILHO, A. *Detrended Cross-Correlation Analysis: Measuring cross - correlation between mathematical constants*. [S.l.], 2009. [3.12](#)

Análise de padrões no comportamento da leitura, via método DFA.

Florêncio Mendes Oliveira Filho

Salvador, Novembro - 2013.