

# Disciplina PSI 3472 – Prof. Emilio - 2018 (e Hae, e Márcio)

Prof. Dr. Emilio Del Moral Hernandez

Contato: [emilio.delmoral@usp.br](mailto:emilio.delmoral@usp.br) / [emilio@lsi.usp.br](mailto:emilio@lsi.usp.br)  
Site do Grupo de Pesquisa: [www.lsi.usp.br/ICONE](http://www.lsi.usp.br/ICONE)



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

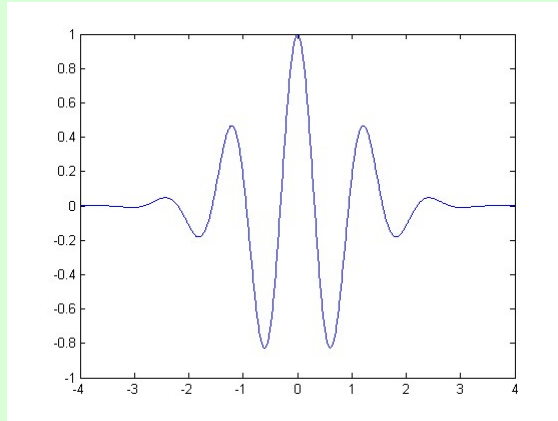
## O conceito de wavelets -

The screenshot displays a collage of information related to wavelets and computational intelligence. On the left, a PDF titled "AIASVB2: APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS SENSORES Y BIOSENSORES" features "Multiresolution Analysis Wavelets" by Jesús Manuel de la Cruz García, Matilde Santos Peña. The center shows a Wikipedia article on "Wavelet transform" with a table of contents and a small image of a 2D discrete wavelet transform. On the right, a course announcement for "Curso Inteligência Computacional para Sensores e Biosensores" is shown, listing the instructor Prof. Jesús Manuel de la Cruz García and the dates 20, 21, 25, and 27 de Outubro. Logos for USP, CNPq, and ICONE are also visible.

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

## O conceito de wavelets / ondículas / “ondinhas” / ondas localizadas

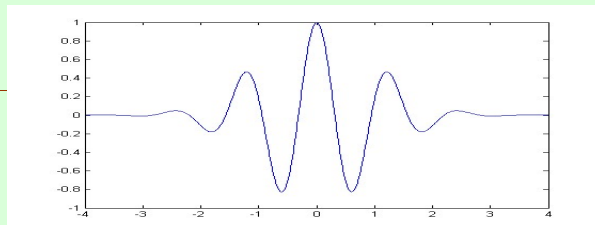
57



*Uma onda matriz típica*

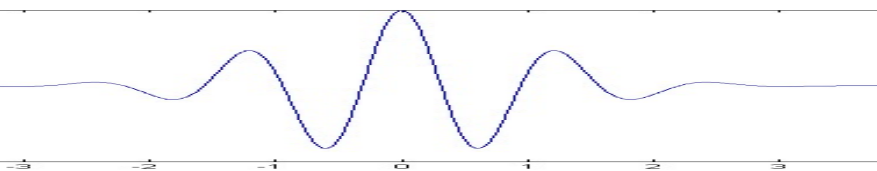
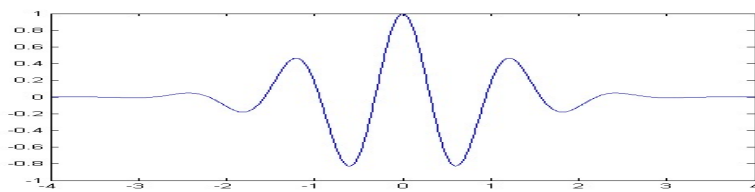
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

57



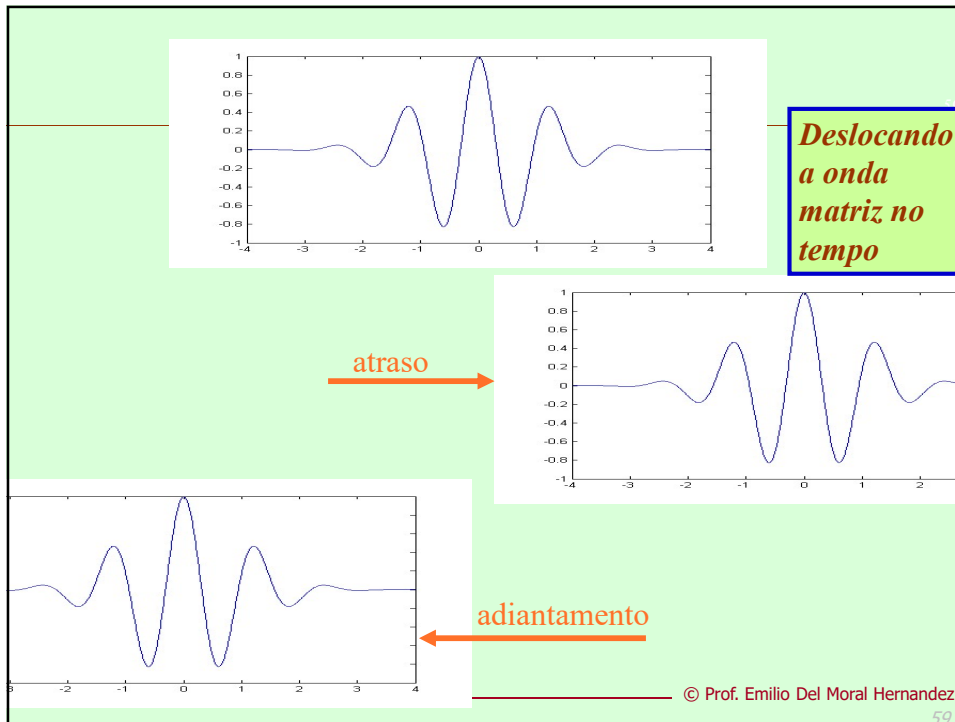
58

**Escalando a  
onda matriz  
em tempo**



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

58



### A análise em wavelets

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi^* \left( \frac{t - b}{a} \right) dt.$$

$$f(t) = \frac{1}{C} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|a|^2} W(a, b) \psi_{a,b}(t) da db,$$

+ detalhes em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Wavelet>

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

## A análise em wavelets

61

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi^* \left( \frac{t - b}{a} \right) dt.$$

Desloca-  
mento

Escalamento

$$f(t) = \frac{1}{C} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|a|^2} W(a, b) \psi_{a,b}(t) da db,$$

+ detalhes em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Wavelet>

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

61

## Já no STOA PSI 3472 –

62

Curso: PSI3472 - Conce x + v

https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=64146

4 aulas em um novo tópico com o Prof. Emilio DMH: Sistemas Inteligentes em Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos

- Metas principais das 4 aulas de PSI3472 em Sistemas Eletrônicos Inteligentes para Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos
- Para inspirações Iniciais - 8 exemplos de projetos em PSI-2672 (5o ano) em Sinais Sonoros ou Biomedicos
- Slides usados na aula de 08 de outubro - Prof Emilio DMH
- Link Wikipédia para Análise Wavelet
- Parte de Slides em Wavelets da disciplina de pósgraduação PSI5880 - Profs Convidados da Rede\_AIASYB2-2010
- Um interessante TCC EPUSP-PSI antigo que "chegou via intuição" aos elementos básicos de análise tempo-freqüência - Reconhecedor de comandos de Voz

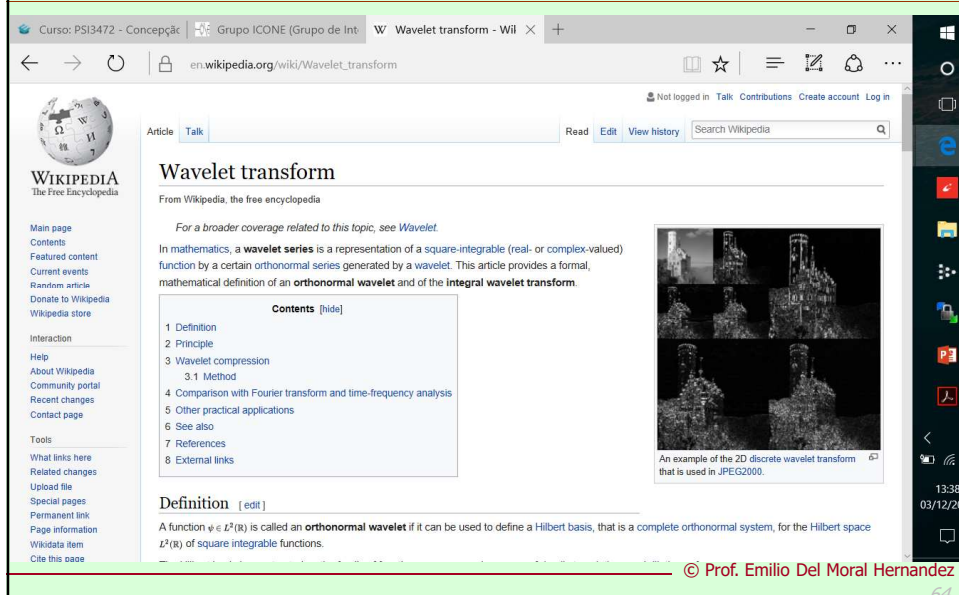
09:05  
terça-feira  
09/10/2018

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

62

## Wavelets ... Há muitos materiais públicos bons

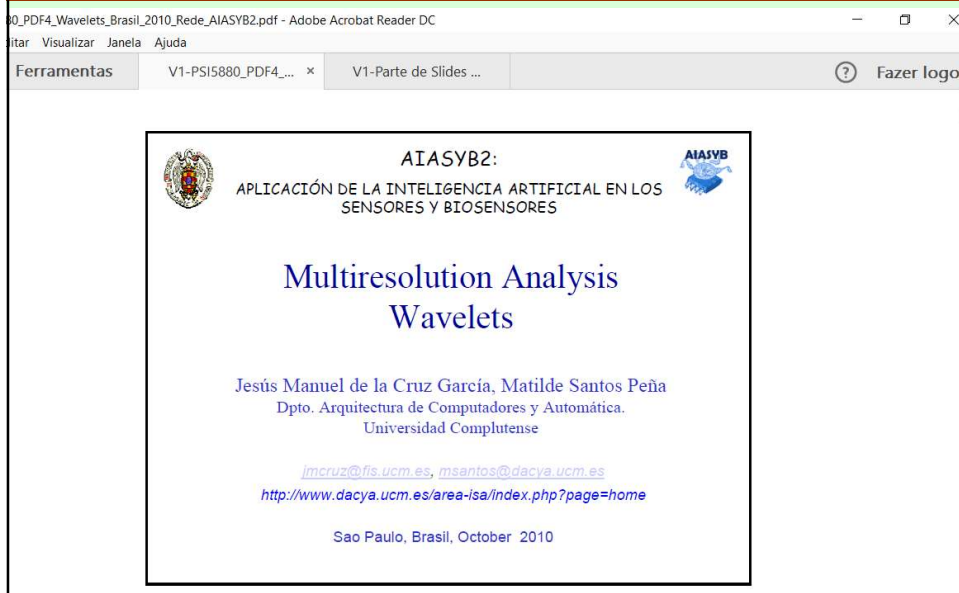
64



The screenshot shows a web browser window displaying the Wikipedia article for "Wavelet transform". The browser's address bar shows the URL "en.wikipedia.org/wiki/Wavelet\_transform". The article content includes a table of contents with sections like "Definition", "Principle", "Wavelet compression", and "Comparison with Fourier transform and time-frequency analysis". A small image on the right shows an example of a 2D discrete wavelet transform. The browser's taskbar on the right shows the time as 13:38 on 03/12/20. At the bottom right of the slide, there is a copyright notice: "© Prof. Emilio Del Moral Hernandez".

## Slides e referências adicionais sobre wavelets – Materiais de PSI5880 pós grad)

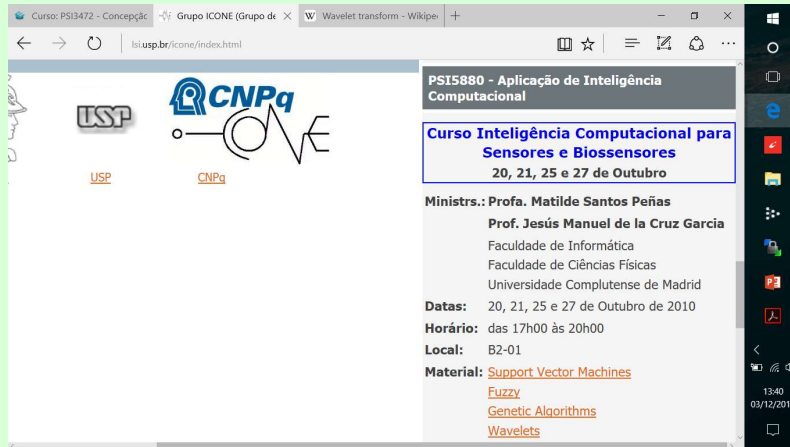
65



The screenshot shows a presentation slide titled "Multiresolution Analysis Wavelets". The slide is part of a presentation by AIASYB2, titled "APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS SENSORES Y BIOSENSORES". The author is Jesús Manuel de la Cruz García, Matilde Santos Peña, from the Department of Computer Architecture and Automatics at the Complutense University. The slide includes contact information: "jmcruz@fis.ucm.es, msantos@dacya.ucm.es" and a URL: "http://www.dacya.ucm.es/area-isa/index.php?page=home". The date and location are "Sao Paulo, Brasil, October 2010". The slide is displayed in a window titled "00\_PDF4\_Wavelets\_Brasil\_2010\_Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC".

## Slides e referências adicionais sobre wavelets – Materiais de PSI5880 pós grad)

66



USP CNPq

**PSI5880 - Aplicação de Inteligência Computacional**

**Curso Inteligência Computacional para Sensores e Biosensores**  
20, 21, 25 e 27 de Outubro

**Ministrs.:** Profa. Matilde Santos Peñas  
Prof. Jesús Manuel de la Cruz Garcia  
Faculdade de Informática  
Faculdade de Ciências Físicas  
Universidade Complutense de Madrid

**Datas:** 20, 21, 25 e 27 de Outubro de 2010

**Horário:** das 17h00 às 20h00

**Local:** B2-01

**Material:** [Support Vector Machines](#)  
[Fuzzy](#)  
[Genetic Algorithms](#)  
[Wavelets](#)

<http://www.lsi.usp.br/icone>

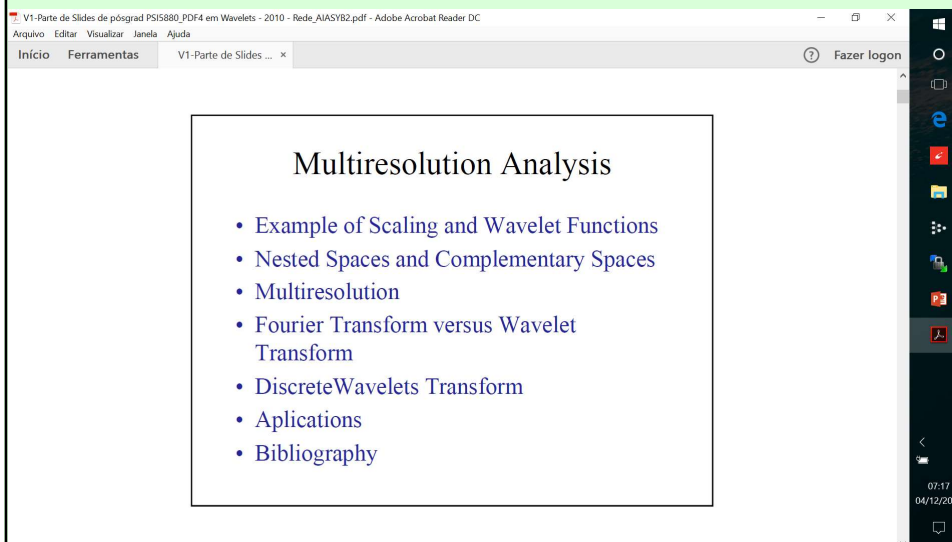
... E nesse link ... /psi5880/2010/PSI5880\_PDF4\_Wavelets\_Brasil\_2010\_Rede\_AIASYB2.pdf

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

66

## Amostras de slides dos Profs da UCM (Universidade Computense de Madrid) em análise com wavelets

67



V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Multiresolution Analysis

- Example of Scaling and Wavelet Functions
- Nested Spaces and Complementary Spaces
- Multiresolution
- Fourier Transform versus Wavelet Transform
- DiscreteWavelets Transform
- Applications
- Bibliography

07:17  
04/12/2017

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

67

Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM (Universidade Computense de Madrid), colaboradores no curso PSI5880

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

## Fourier Transform versus Wavelet Transform

Sao Paulo, October 2010

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

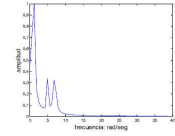
Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Fourier Analysis

- Breaks down a signal into constituent sinusoids of different frequencies

$$\text{Signal} = \sin(t) + -0.25 \sin(5t) + 0.3 \sin(7t)$$

- Transform our view of the signal from from time-based to frequency-based.



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

70

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

- In transforming to the frequency domain, time information is lost:
  - When did a determined event took place?
- If it is a *stationary* signal this drawback isn't very important.
- Fourier analysis is not suited to detecting nonstationary or transitory characteristics:
  - drift,
  - trends,
  - abrupt changes: breakdown points, discontinuities in higher derivatives
  - beginnings and ends of events
  - self similarities.

07:20  
04/12/2017

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

70

Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

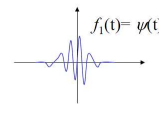
71

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC


Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Scaling




$f_1(t) = \psi(t)$



$s = 1/a$   
 $a = 2$   
 $f_2(t) = \psi(2t)$

A low scale compresses the signal  $\Rightarrow$  Fast changing  $\Rightarrow$  High frequencies



$a = 1/2$   
 $f_3(t) = \psi(t/2)$

A high scale stretches the signal  $\Rightarrow$  Slow changing  $\Rightarrow$  Low frequencies

$f_1(1) = f_2(0.5) = f_3(2)$

07:03  
04/12/2017

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

71

8



V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Shifting

Si  $d = 5$ ,  $f_1(0) = f_2(5) = f_3(-5)$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

72

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Wavelet Properties

- Mother Wavelet:  $\psi(t)$
- Scaling and Shifting:  $\psi_{s,d}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-d}{s}\right)$
- Null mean value:  $\int \psi(t) dt = 0$
- Admissibility condition: (wave of limited wide)  $\int \frac{|\Psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty, \Rightarrow |\Psi(0)|^2 = 0$
- Regularity condition: (concentrated in time)  $\int t^p \psi(t) dt \neq 0, p = 0, 1, \dots, N$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

73

Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

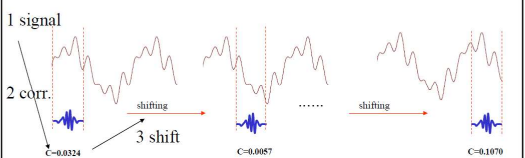
74

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Steps to Compute the Coefficients



1. Take a wavelet and compare it to a section at the start of the original signal
2. Calculate a number, C, that represents how closely correlated the wavelet is with this section of the signal
3. Shift the wavelet to the right and repeat steps 1 and 2 until you've covered the whole signal.

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

74

Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

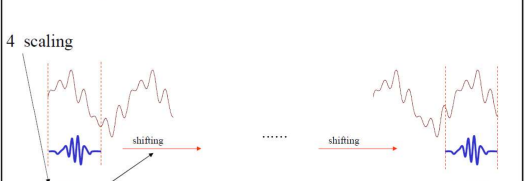
75

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Steps to Compute the Coefficients



4. Scale (stretch) the wavelet and repeat steps 1 through 3
5. Repeat steps 1 through 4 for all scales

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

75

*... e nesses slides dos professores visitantes da UCM (Madrid) com quem colaboramos na nossa disciplina de pós PSI5880 há mais materiais em wavelets (tópicos avançados): versão em espaços discretos, interpretações na análise de frequência, interpretações de análise multiescala, ...*



visite ... <http://www.lsi.usp.br/icone>

... E seu sublink ... /psi5880/2010/PSI5880\_PDF4\_Wavelets\_Brasil\_2010\_Rede\_AIASYB2.pdf

Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Discrete Wavelet Transform

- Scale and displacement are continuous variables
- We choose only a finite subset of scales and displacement
- *Discrete wavelet transform:*
  - Displacements and scales in powers of 2:

$$s^{-1} = 2^j, \quad d = k 2^j = k s^{-1}, \quad j \text{ and } k \text{ integers}$$

$$\psi_{j,k}(t) = \frac{1}{\sqrt{2^j}} \psi\left(\frac{t - k 2^j}{2^j}\right) = 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k)$$

$$C(s, d) = C(j, k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(n) 2^{-j/2} \psi(2^{-j}n - k)$$

07:10  
04/12/2017

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

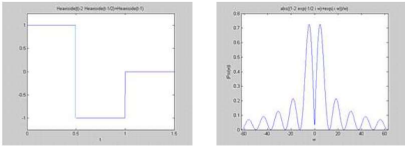
## Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

79

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon



```
% Haar Wavelet  
syms w t  
wv=sym('Heaviside(t)')-2*sym('Heaviside(t-1/2)')...  
+sym('Heaviside(t-1)');  
figure(1),ezplot(wv,[0,1.5])  
  
% Its Fourier Transform  
WV=fourier(wv); WV=simplify(WV)  
figure(2),ezplot(abs(WV),[-20*pi,20*pi])
```

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

79

## Amostras de slides em análise wavelet, dos Profs da UCM - Madrid, colaboradores no nosso curso de pós PSI5880

80

V1-Parte de Slides de pósgrad PSI5880\_PDF4 em Wavelets - 2010 - Rede\_AIASYB2.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-Parte de Slides ... x Fazer logon

### Applications

- Detecting Discontinuities
- Detecting Trends
- Detecting Self-Similarity
- Identifying Pure Frequencies
- Suppressing Signals
- De-Noising Signals
- Compressing Signals

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

80

*Num dos materiais do STOA temos um TCC que chegou no conceito de análise tempo-frequência de maneira intuitiva – “TCC em Reconhecimento de comandos de voz (Daniel e Gabriel) – comandos sobe, desce, esquerda, direita”*

## Já no STOA PSI 3472 –

Curso: PSI3472 - Conce x + v

https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=64146

4 aulas em um novo tópico com o Prof. Emilio DMH: Sistemas Inteligentes em Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos

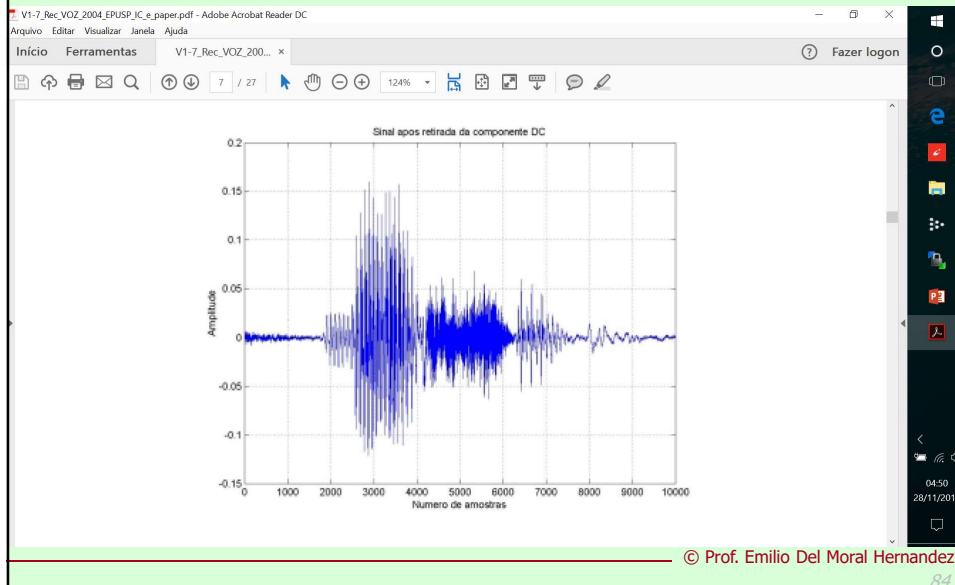
- Metas principais das 4 aulas de PSI3472 em Sistemas Eletrônicos Inteligentes para Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos
- Para inspirações Iniciais - 8 exemplos de projetos em PSI-2672 (5o ano) em Sinais Sonoros ou Biomedicos
- Slides usados na aula de 08 de outubro - Prof Emilio DMH
- Link Wikipédia para Analise Wavelet
- Parte de Slides em Wavelets da disciplina de pósgraduação PSI5880 - Profs Convidados da Rede\_AIASYB2-2010
- Um interessante TCC EPUSP-PSI antigo que "chegou via intuição" aos elementos básicos de análise tempo-frequência - Reconhecedor de comandos de Voz

09:05  
terça-feira  
09/10/2018

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

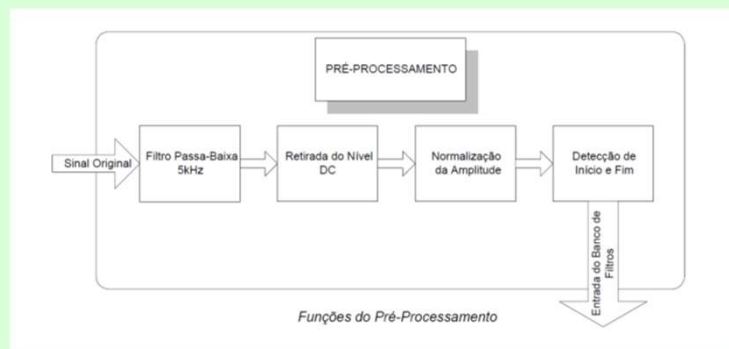
## TCC em Reconhecimento de comandos de voz (Daniel e Gabriel) – sobe, desce, esquerda, direita

84



## Exemplo de pré-processamentos num reconhecedor de comandos de voz - TCC de Daniel e Gabriel

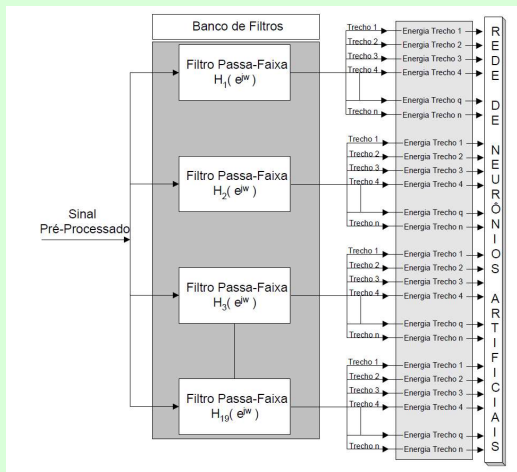
85



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

## TCC em Reconhecimento de comandos de voz (Daniel e Gabriel) – sobe, desce, esquerda, direita

86



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

86

## TCC em Reconhecimento de comandos de voz (Daniel e Gabriel) – sobe, desce, esquerda, direita

87

V1-7\_Rec\_VOZ\_2004.EPUSP\_IC\_e\_paper.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-7\_Rec\_VOZ\_200... x Fazer login

11 / 27 75%

Tabela 1

Filtro	Frequência central e bandas de passagem do banco de filtros
	0
Filtro 1	$f_c = 50$ Hz
	100
Filtro 2	$f_c = 150$ Hz
	200
Filtro 3	$f_c = 250$ Hz
	300
Filtro 4	$f_c = 350$ Hz
	400
Filtro 5	$f_c = 450$ Hz
	500
Filtro 6	$f_c = 570$ Hz
	600
Filtro 7	$f_c = 700$ Hz
	750
Filtro 8	$f_c = 840$ Hz
	900
Filtro 9	$f_c = 1000$ Hz
	1080
Filtro 10	$f_c = 1170$ Hz
	1270
Filtro 11	$f_c = 1370$ Hz
	1480
Filtro 12	$f_c = 1600$ Hz
	1720
Filtro 13	$f_c = 1850$ Hz
	2000
Filtro 14	$f_c = 2150$ Hz
	2320
Filtro 15	$f_c = 2500$ Hz
	2700
Filtro 16	$f_c = 2900$ Hz
	3150
Filtro 17	$f_c = 3400$ Hz
	3700
Filtro 18	$f_c = 4000$ Hz
	4400
Filtro 19	$f_c = 4800$ Hz
	5300

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

87

## TCC em Reconhecimento de comandos de voz (Daniel e Gabriel) – sobe, desce, esquerda, direita

88

at Reader DC

00... x



Tabela 1

Frequências centrais e bandas de passagem do banco de filtros	
	0
Filtro 1	$f_{c1} = 50 \text{ Hz}$
	100
Filtro 2	$f_{c2} = 150 \text{ Hz}$
	200
Filtro 3	$f_{c3} = 250 \text{ Hz}$
	300
Filtro 4	$f_{c4} = 350 \text{ Hz}$
	400
Filtro 5	$f_{c5} = 450 \text{ Hz}$
	510
Filtro 6	$f_{c6} = 570 \text{ Hz}$

## TCC em Reconhecimento de comandos de voz (Daniel e Gabriel) – sobe, desce, esquerda, direita

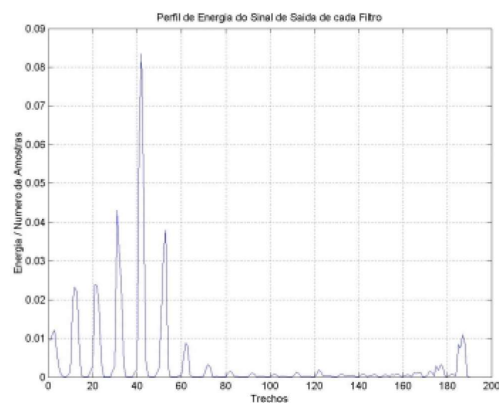
89

V1-7\_Rec\_VOZ\_2004.EPUSP\_IC\_e\_paper.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas V1-7\_Rec\_VOZ\_200... x

Fazer login



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

89



## Medida de qualidade do reconhecedor de comandos de voz ensaiado ...

90

amostra \ resultado	SOBE	DESCE	ESQUERDA	DIREITA
SOBE	85%	0%	15%	0%
DESCE	0%	100%	0%	0%
ESQUERDA	0%	0%	80%	20%
DIREITA	0%	0%	10%	90%

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

91

Outras formas de  
extração e de pré-  
processamento além  
de wavelets?

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

92

## PSI2672 – Yeni e Caio – Brain Computer Interfaces

92

2016-PSI2672 -GR IV - Yeni e Caio - BCI de Intencao de Movimento e Estimador de Acoes.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2015-PSI2672 - Apr... 2016-PSI2672 -GR L... 2016-PSI2672 -GR L... x Fazer logon

### Pré-processamento e dados empíricos

Grandezas de entrada: 18 dados empíricos reais

1. Filtragem
  - Potência entre os 50 e 300 ms nos canais 23, 24, 25, 27, 28, 29.
2. Remoção da linha de base
  - Potência entre os 8 e 13 Hz nos canais 23, 24, 25, 27, 28, 29.
3. ICA
  - Entropia nos canais 23, 24, 25, 27, 28, 29.

Com Matlab

Grandezas de saída: enteros

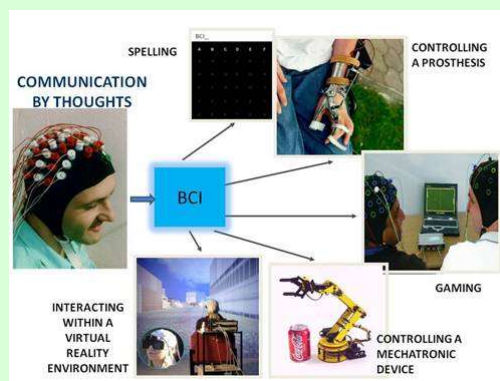
5 PSI2672 - Grupo IV

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

21:29 27/11/2017

## Brain Computer Interfaces ... “um amplo parênteses” ...

93

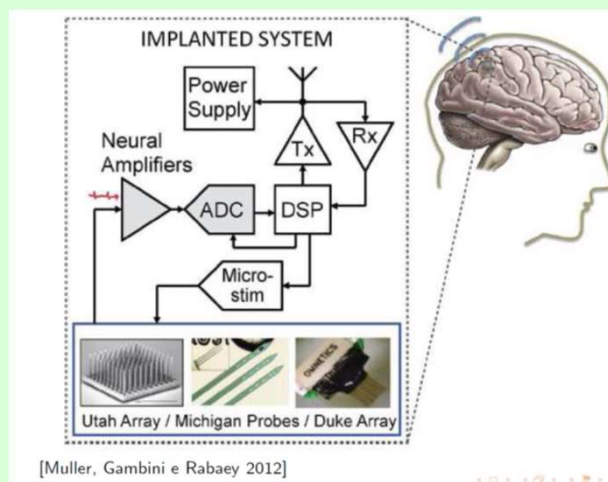


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

93

## Brain Computer Interfaces – área do trabalho do doutorando Julio Cesar Saldaña

94



Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

94

## Sistemas Implantáveis de Registro Neural e BCIs

95

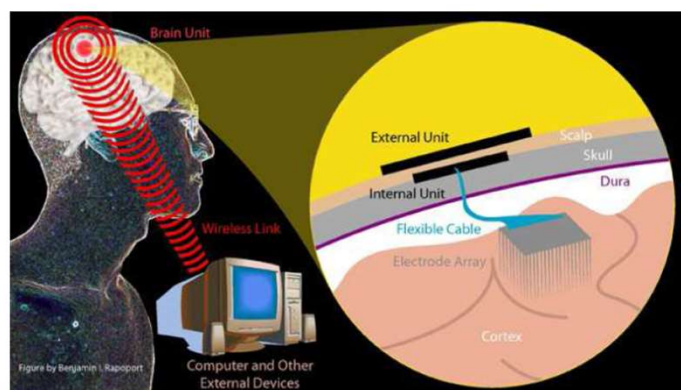


Figura 1: Imagem extraída do site do pesquisador Benjamin I. Rapoport

Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

95

# Sistemas Implantáveis de Registro Neural e BCIs

96

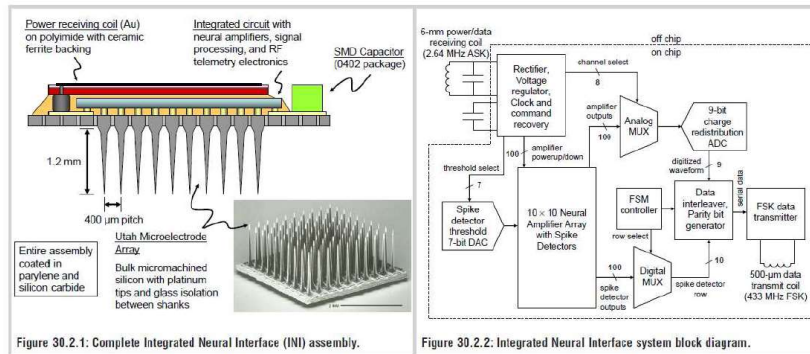


Figure 30.2.1: Complete Integrated Neural Interface (INI) assembly. [Harrison et al. 2006], [Harrison et al. 2007]

Figure 30.2.2: Integrated Neural Interface system block diagram.

Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

96

# Brain Computer Interfaces

97

## Separação de impulsos elétricos ou Spike Sorting

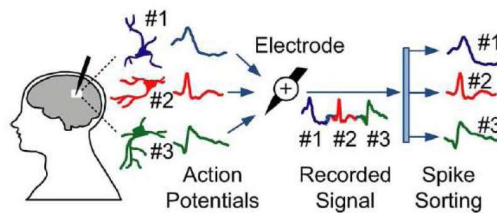


Figura 6: Extraída do artigo [Karkare, Gibson e Markovic 2013] (JSSC, Set. 2013)

Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

97

Filtragens não lineares ... Por ex.  
 “NEO” usado em algumas detecções  
 em voz e em sinais neurais (detecção de  
 potenciais de ação em meio a ruído)

$$y = x(n)*x(n) - x(n-1)*x(n+1)$$

Não é um sistema SLIT !!!!

## Brain Computer Interfaces

The screenshot shows a web browser window with the following content:

- Browser Tabs:** Curso: PSI3472 - Concepçã..., Disciplina PSI2672 do Grup..., Sistemas de detecção e ..., Extração de parâmetros car...
- Address Bar:** teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tdc-19122016-133542/pt-br.php
- Page Header:** Biblioteca Digital USP, Teses e Dissertações
- Document Information:**
  - Tese de Doutorado**
  - Documento:** Tese de Doutorado
  - Autor:** Satocha Parniana, Julio Cesar (Catálogo USP)
  - Nome completo:** Julio Cesar Satocha Parniana
  - E-mail:** E-mail
  - Unidade da USP:** Escola Politécnica
  - Área de Conhecimento:** Microeletrônica
  - Data de Defesa:** 2016-06-10
  - Imprenta:** São Paulo, 2016
  - Orientador:** Hernandez, Emilio Del Moral (Catálogo USP)
  - Banca examinadora:** Hernandez, Emilio Del Moral (Presidente), Foroff, Erick Talmach, Lopes, Celso Guimarães, Soares Junior, João Navarro, Vain Neto, José Vieira do
- Palavras-chave em português:** Sistemas de detecção e classificação de impulsos elétricos de sinais neurais extracelulares, CMOS, Detecção de impulsos elétricos, Interfaces neurais implantáveis, Microeletrônica, Neurociências, Separação de impulsos elétricos
- Resumo em português:** O registro de sinais neurais através de matrizes de microeletrodos implantáveis no meio extracelular do córtex cerebral tem sido um paradigma experimental para a neurociência. Por outro lado, a pesquisa recente sobre neuropróteses motora tem mostrado que é possível decodificar comandos motores a partir dos sinais registrados no meio intracelular do córtex cerebral. Em ambos os contextos, neurociência experimental e desenvolvimento de neuropróteses motora, um dos aspectos encontrados no estado da arte, é a utilização de circuitos integrados (chips) implantados no cérebro. Nesses chips, os sinais neurais medidos com os microeletrodos são amplificados, filtrados, processados e transmitidos a um computador externo mediante fios que atravessam o crânio. Existe o interesse em desenvolver chips implantáveis que transmitam os sinais ao computador externo sem a necessidade de fios que atravessam o crânio. Na literatura do estado da arte tem-se encontrado a utilização de tais chips implantáveis sem fio em ratos e macacos, porém até a data da elaboração deste texto não foram encontrados relatos da aplicação em humanos. Um dos aspectos que deve ser levado em consideração no desenvolvimento de interfaces neurais implantáveis sem fio é a largura de banda do canal de comunicação. Quanto maior a quantidade de dados a serem transmitidos, maior a largura de banda necessária e maior o aquecimento do chip devido à dissipação de potência. Esta tese aborda sistemas de processamento de sinais neurais extracelulares que tem como objetivo reduzir a quantidade de dados a serem transmitidos e assim viabilizar a transmissão sem fio. Para poder ser integrados dentro do chip implantável, esses sistemas de processamento devem estar otimizados em termos de área e consumo de potência. Dois processamentos encontrados na literatura de interfaces neurais implantáveis são a detecção de impulsos elétricos e a separação de impulsos elétricos (Opial Sorting). Nesta tese apresentam-se soluções para esses tipos de processamentos visando à implementação mediante tecnologia CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Para o caso de detecção de impulsos elétricos (spikes) nesta tese apresenta-se uma alternativa de implementação em hardware de um operador matemático conhecido como operador não linear de energia (NEO do inglês Nonlinear Energy Operator) ou operador "reaper". Através da aplicação desse operador a um sinal neural evidencia-se a presença de spikes e elimina-se o ruído. Uma das características inovadoras da implementação apresentada nesta tese é a utilização de um circuito elevador ao quadrado que consiste de apenas três transistores, como bloco funcional básico para a realização da operação NEO. O circuito NEO desenvolvido consome 300 µW no processamento de um spike e foi caracterizado por simulação até em 30 kHz, resolução que é compatível com os sinais de

## Exemplo de modelagem / reconhecimento automático de padrões ... (tese de Liselene / Prof Miguel)

101

Curso: PSI3472 - Concepção | Disciplina: PSI2672 do Grup | Sistemas de detecção e clas | Extração de parâmetros

teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-19072011-110149/pt-br.php

**Biblioteca Digital USP**

Teses e Dissertações

**Tese de Doutorado**

**DOI:** 10.11606/T.3.201110a-19072011-110149

**Documento:** Tese de Doutorado

**Autor:** Borges, Liselene de Abreu (Catálogo USP)

**Nome completo:** Liselene de Abreu Borges

**E-mail:** E-mail

**Unidade da USP:** Escola Politécnica

**Área do Conhecimento:** Sistemas Eletrônicos

**Data de Defesa:** 2011-10-08

**Imprenta:** São Paulo, 2011

**Orientador:** Alpina Ramirez, Miguel (Catálogo USP)

**Banca examinadora:** Alpina Ramirez, Miguel (Presidente)  
Alcain, Abraham  
Del Moral Hernandez, Emilio  
Figueroa, Ruben Dutra Ribeiro  
Queiroz, Marcelo Gomes de

**Título em português:** Extração de parâmetros característicos para detecção acústica de vazamento de água.

**Palavras-chave em português:** Máquina de vetores de suporte  
Predição linear  
Processamento de sinais  
Vazamento de água

**Resumo em português:** Este trabalho apresenta a pesquisa sobre a extração de parâmetros característicos de sinais acústicos para fins de detecção automática de vazamento de água em tubulações enterradas. Os sinais acústicos foram adquiridos com o auxílio de um geofone eletrônico e também catalogados por técnicos especialistas em detecção acústica. De todos os sinais foram extraídos os modelos de predição linear percipital de vários ordens, determinando-se como melhor o ordem 2. A partir de um conjunto de modelos de referência de sinais de vazamento, a distância média de Itakura dos outros modelos em relação a estas referências foram calculadas. Em conjunto com estes dados, os quatro características espectrais são também extraídas do sinal e fim de conjunto o vetor de parâmetros característicos do sinal. Parte destes vetores de parâmetros característicos são utilizados para treinar o classificador de máquina de vetores de suporte. O restante dos sinais são então submetidos a este classificador que oferece a taxa de acerto de classificação em torno de 90%. Experimentos anteriores, utilizando modelos de predição linear, de ordem 10, obtiveram uma taxa de acerto em torno de 82%, isso demonstra que estes novos parâmetros característicos propostos alcançam os objetivos deste trabalho, que são algoritmos com melhor taxa de acerto na detecção de vazamentos.

**Título em inglês:** Feature extraction for acoustic water leak detection

**Palavras-chave em inglês:** Linear prediction  
Signal processing  
Support vector machine  
Water leak

**Resumo em inglês:** This work presents a research about feature extraction of acoustic signals for detection of water leak in buried pipes. Acoustic signals were acquired by means of an electronic geophone and also labeled by technicians specialized in acoustic water leak detection. For every signal, its linear predictive model was estimated for a range of prediction orders, concluding for the best order 2. Out of this group of models, some key ones are used as reference for calculating the Itakura for a range of prediction orders, concluding for the best order 2. Out of this group of models, some key ones are used as reference for calculating the Itakura for a range of prediction orders, concluding for the best order 2.

**Salvo**

Trabalhos decorrentes

Estadísticas

Visualizar: 406

Download: 296

Como citar

Formato MARC

Formato CAL DDC

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

## Exemplo de modelagem / reconhecimento automático de padrões ... (tese de Liselene / Prof Miguel)

102

### O procedimento de detecção do Vazamento

- \* Haste de escuta
- \* Correlacionador de ruído
- \* Geofone



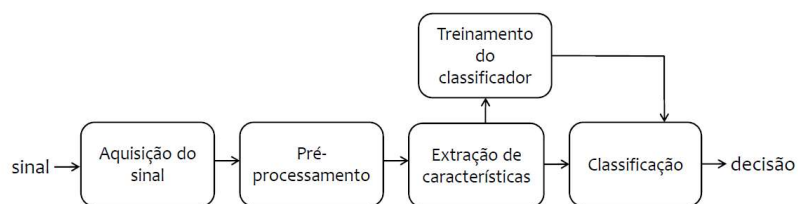
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

102

## Exemplo de modelagem / reconhecimento automático de padrões ... (tese de Liselene / Prof Miguel)

103

### Sistema de Detecção de Vazamento



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

103

## Exemplo de modelagem / reconhecimento automático de padrões ... (tese de Liselene / Prof Miguel)

104

### Extração no domínio temporal

- \* Energia de curto Prazo

$$E_p = \sum_{m=0}^{p-1} |x(n)w(n-m)|^2$$

- \* Taxa de Cruzamento por zero

$$Z_p = \sum_{m=0}^{p-1} |\text{sgn}[x(m)] - \text{sgn}[x(m-1)]| w(n-m)$$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

104

## Exemplo de modelagem / reconhecimento automático de padrões ... (tese de Liselene / Prof Miguel)

105

defesa08Abr2011\_Liselene.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

defesa08Abr2011\_L... x

Fazer login

23 / 35 63,6%

### Extração no domínio espectral

- \* Centróide Espectral (Ce)
- \* Largura de Espectro (Le)
- \* Fluxo Espectral
- \* Ponto de Roll-off (Pro)
- \* Taxa de Espalhamento

$$Fe = \sum_{k=1}^M [X(k) - X(m-1)]^2$$

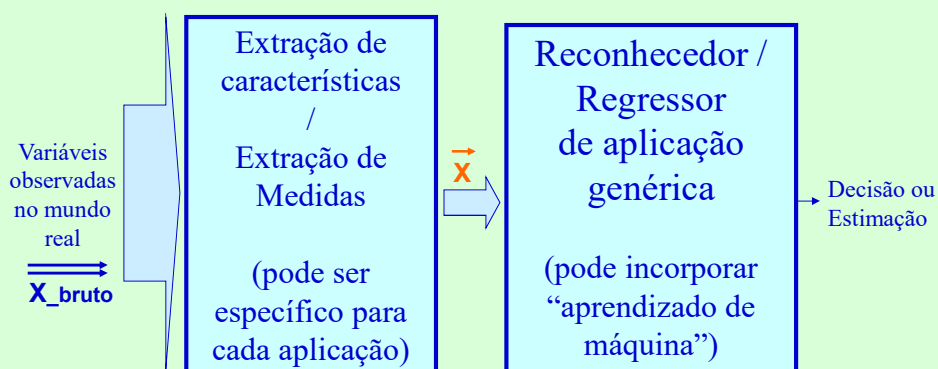
$$Te = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K [X(k) - \mu_x]^2}$$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

105

## Elaborando uma Solução em dois estágios ....

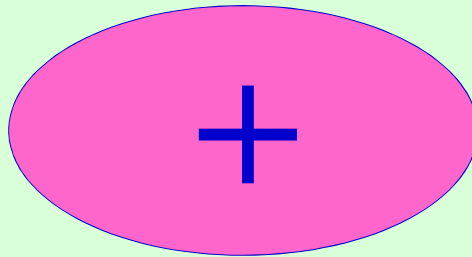
recordando



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

107



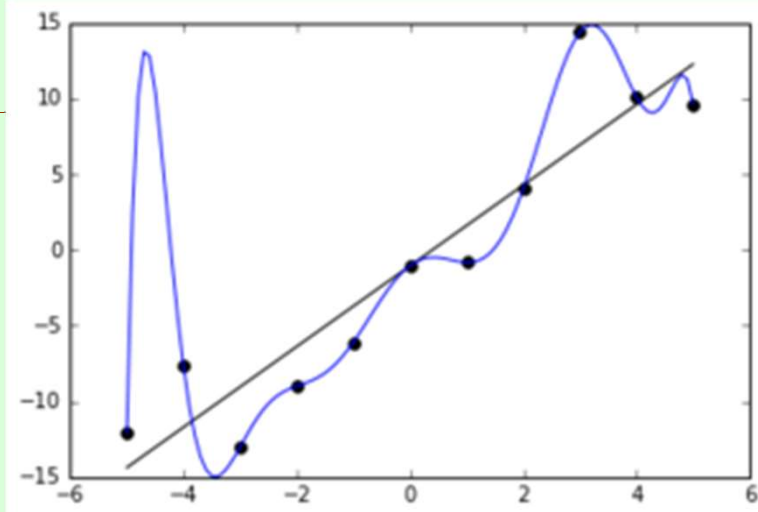


*- Um efeito colateral; um lado ruim em se ter grande capacidade de representação num modelador de dados*

*Um tema importante em M.L.:*

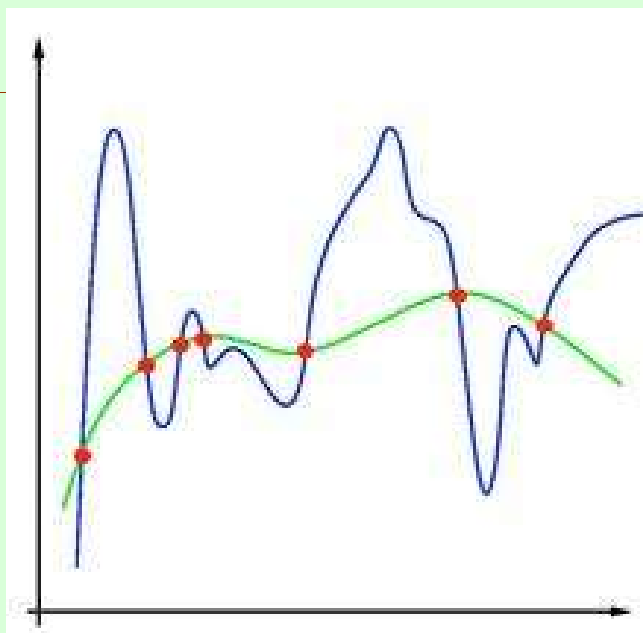
*Sobreapredizado / Sobreajuste*

*Conceito, entendimento da sua origem e formas de limitá-lo*



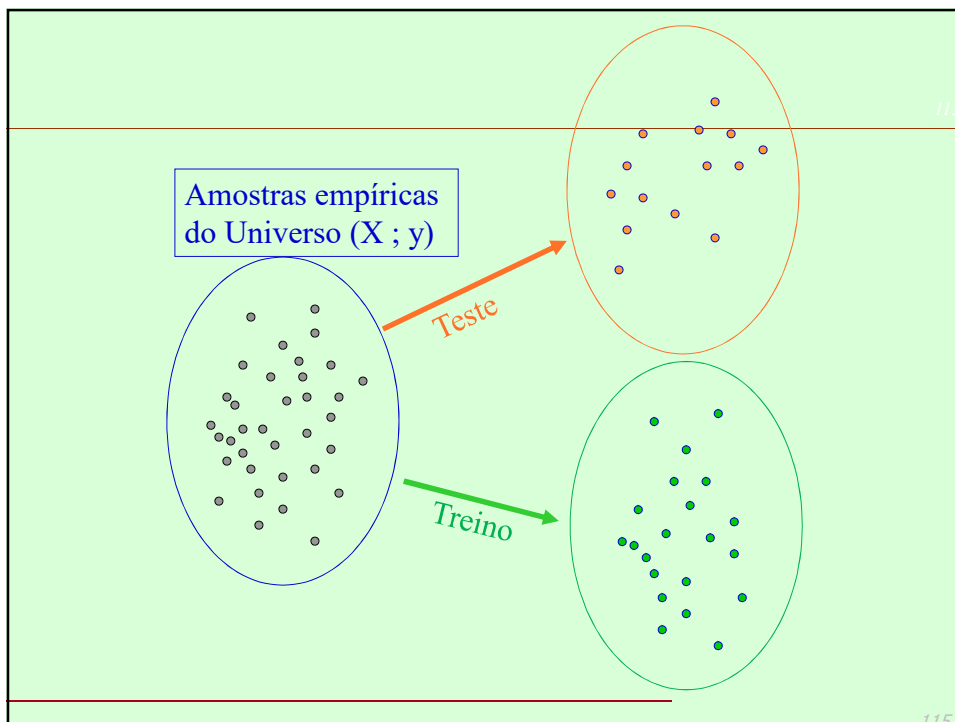
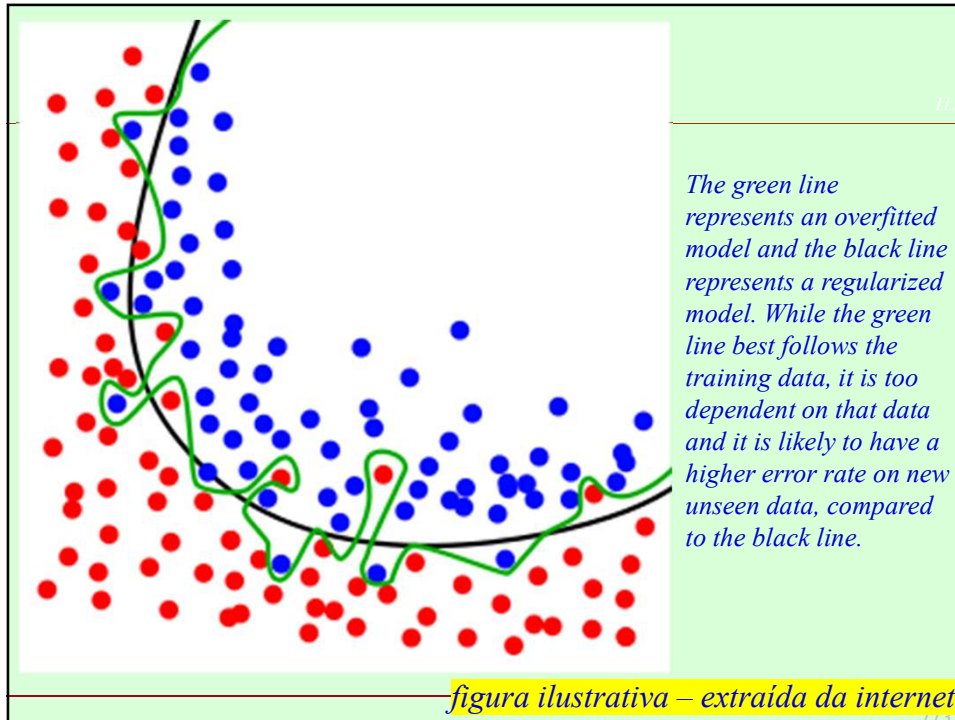
Noisy (roughly linear) data is fitted to a linear function and a polynomial function. Although the polynomial function is a perfect fit, the linear function can be expected to generalize better: if the two functions were used to extrapolate beyond the fitted data, the linear function should make better predictions.

figura ilustrativa – extraída da internet



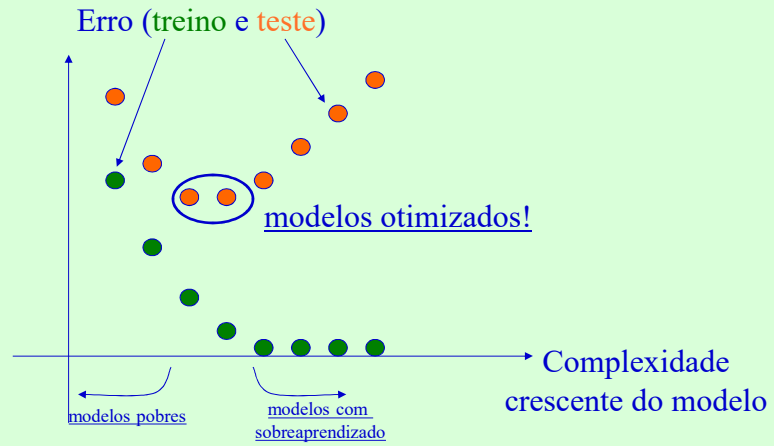
This image represents the problem of overfitting in machine learning. The red dots represent training set data. The green line represents the true functional relationship, while the blue line shows the learned function, which has fallen victim to overfitting.

figura ilustrativa – extraída da internet



## Sobreaprendizado em “sumário executivo”

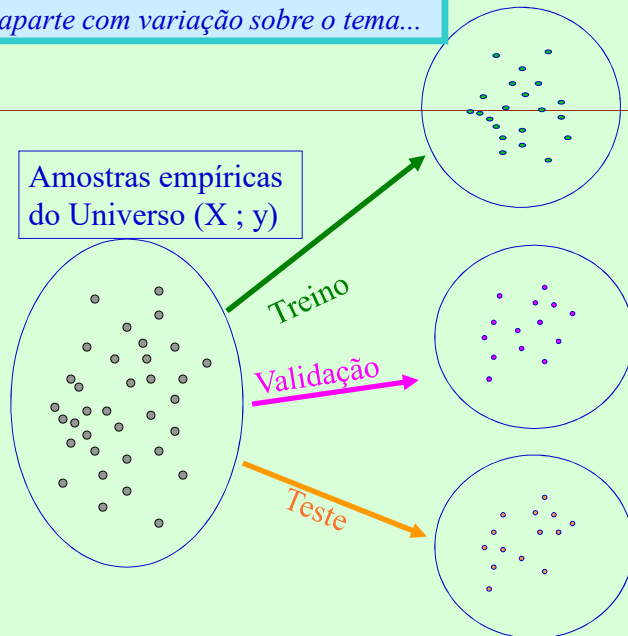
116



116

... pequeno aparte com variação sobre o tema...

117

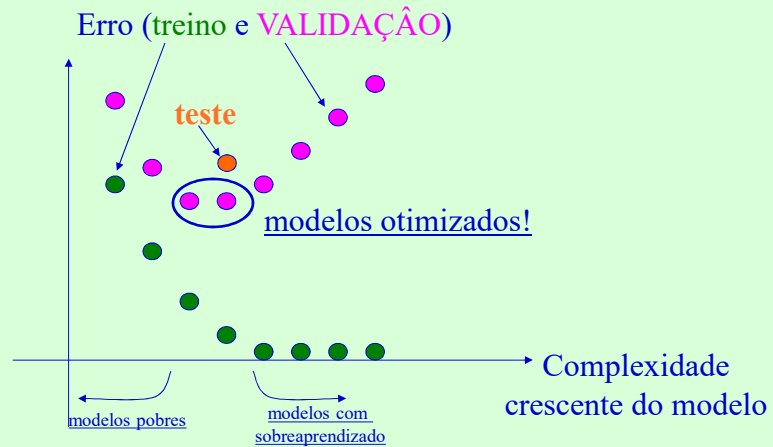


117

... pequeno aparte com variação sobre o tema...

## Sobreaprendizado em “sumário executivo”

118

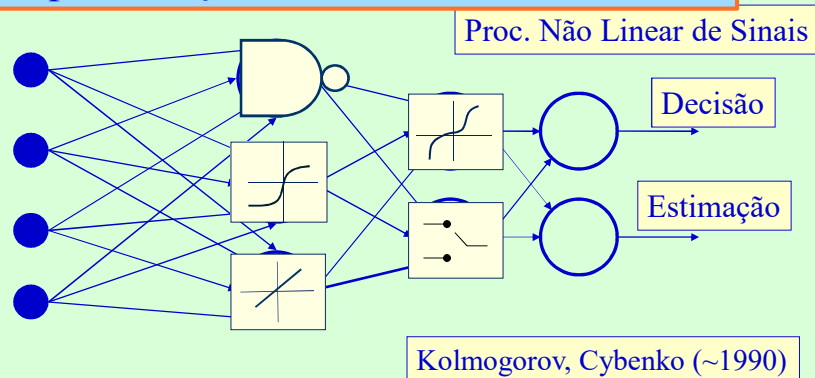


118

## O Multi Layer Perceptron (MLP)

119

- M - *- Um efeito colateral; um lado ruim em*
- V *se ter grande capacidade de*
- F *representação num modelador de dados*



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

119

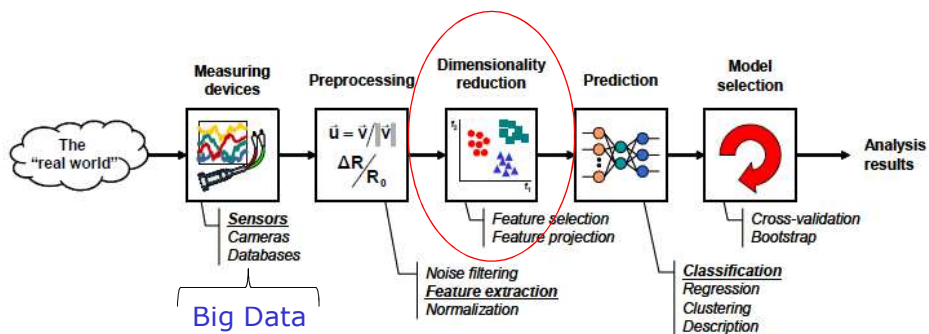
*Uma técnica estatística clássica de redução de dimensionalidade do vetor de entradas  $X$  e de extração de características com grande número de aplicações: Principal Component Analysis – PCA – Análise de Componentes Principais*

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

120



PATTERN RECOGNITION and MACHINE INTELLIGENCE





# PCA – Principal Components Analysis

## Teoria e Aplicações

Prof. Dr. Edson C. Kitani

Prof. Dr. Emilio Del Moral Hernandez

122

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP



## GRUPO DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL, MODELAGEM E NEUROCOMPUTAÇÃO ELETRÔNICA – ICONE-EPUSP

LABORATÓRIO DE SISTEMAS INTEGRADOS –LSI  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS ELETRÔNICOS – PSI  
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

123

© Prof. Emilio Del Mo



Prof. Dr. Edson C. Kitani

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4269320J9>

Formação:

- Tecnico em Eletrônica (ETEP – Santo André)
- Tecnólogo em Automação Industrial (Centro Universitário de Santo André)
- Especialista em Mecânica Fina (Universidade São Judas)
- Mestre em Eng. Elétrica (Centro Universitário da FEI)
- Doutor em Ciências (POLI – USP)

Atividade profissional:

- Professor Associado na FATEC- Santo André (Eletrônica Automotiva)
- Chefe do Departamento de Projetos de Máquinas na Mahle Anéis

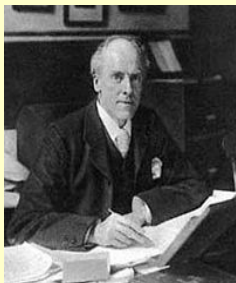
[ekitani@lsi.usp.br](mailto:ekitani@lsi.usp.br)    [www.lsi.usp.br/~edson](http://www.lsi.usp.br/~edson)

124

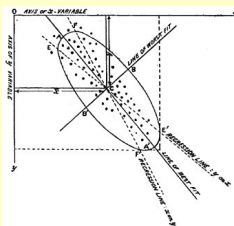
© Prof. Emilio Del Moral - EPUSP

## HISTÓRICO DO PCA

Descrito inicialmente por Karl Pearson no artigo, “*On lines and planes of closest fit to systems of points in space*”, *Philosophical Magazine*, 1901.



1857 - 1936



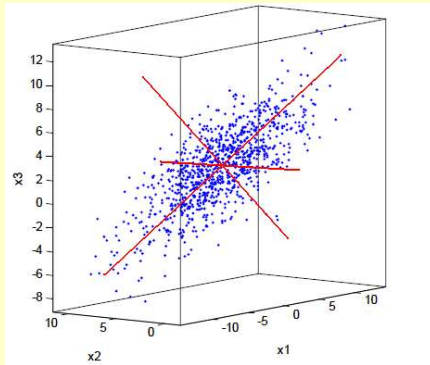
*"In many physical, statistical, and biological investigations it is desirable to represent a system of points in plane, three or higher dimensioned space by the best-fitting straight line or plane" (Pearson, 1901).*

125

Prof. Edson Kitani - 04/2015 © Prof. Emilio Del Moral - EPUSP



## Para 3 Dimensões



$$\bar{\mathbf{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbf{x}_i$$

$$\Sigma_{\mathbf{x}} = \frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})(\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})^T$$

$$\bar{\mathbf{x}} = [0 \quad 5 \quad 2]^T$$

$$\Sigma_{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 25 & -1 & 7 \\ -1 & 4 & -4 \\ 7 & -4 & 10 \end{bmatrix}$$

126

Extraído de Osuna 2002

Prof. Edson Kitani - 04/2015 © Prof. Emilio Del Moral - EPUSP

## Exemplo Numérico com Matlab

`x = [1, 2; 3, 3; 3, 5; 5, 4; 5, 6; 6, 5; 8, 7; 9, 8]`

`figure(1)`

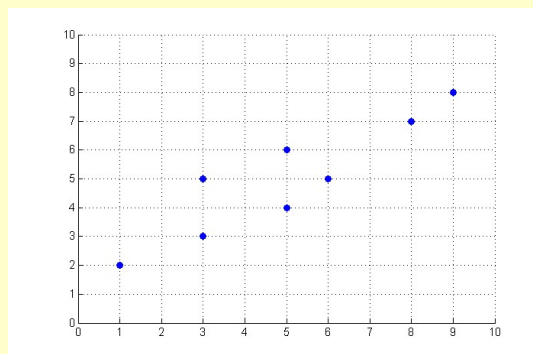
`scatter(x(:,1),x(:,2))`

Media = mean(x)

$$\bar{\mathbf{x}} = [5 \quad 5]^T$$

Sigma = cov(x,1)<sup>Nota</sup>

$$\Sigma_{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 6,25 & 4,25 \\ 4,25 & 3,5 \end{bmatrix}$$



A normalização é realizado para N.

127

Prof. Edson Kitani - 04/2015 © Prof. Emilio Del Moral - EPUSP

## Autovalores ( $\lambda$ ) e Autovetores ( $v$ )

Associado a cada matriz quadrada  $A = ((a_{ij}))$  de ordem  $n$ , temos uma função

$$f(\lambda) = |A - \lambda I| = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} - \lambda \end{vmatrix}$$

chamada de Função Característica da matriz  $A$ . E a função

$$f(\lambda) = |A - \lambda I| = 0,$$

que pode ser expressa na forma polinomial

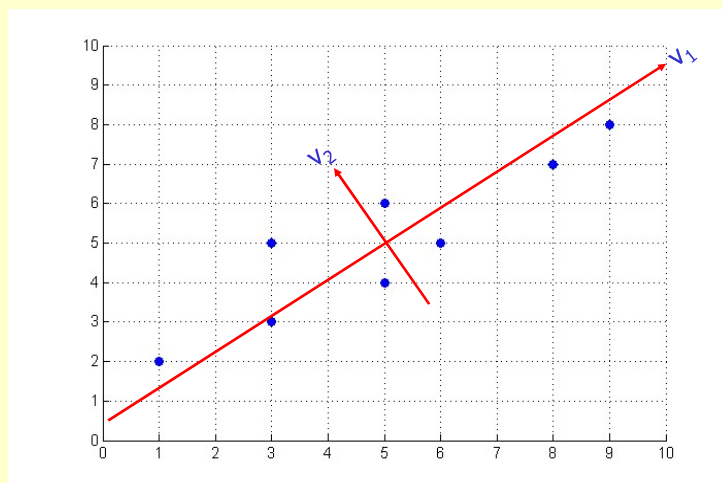
$$c_0 \lambda^n + c_1 \lambda^{n-1} + \dots + c_{n-1} \lambda + c_n = 0$$

é chamada de Equação Característica da matriz  $A$ .

128

Prof. Edson Kitani - 04/2015 © Prof. Emilio Del Moral - EPUSP

## Exemplo Numérico

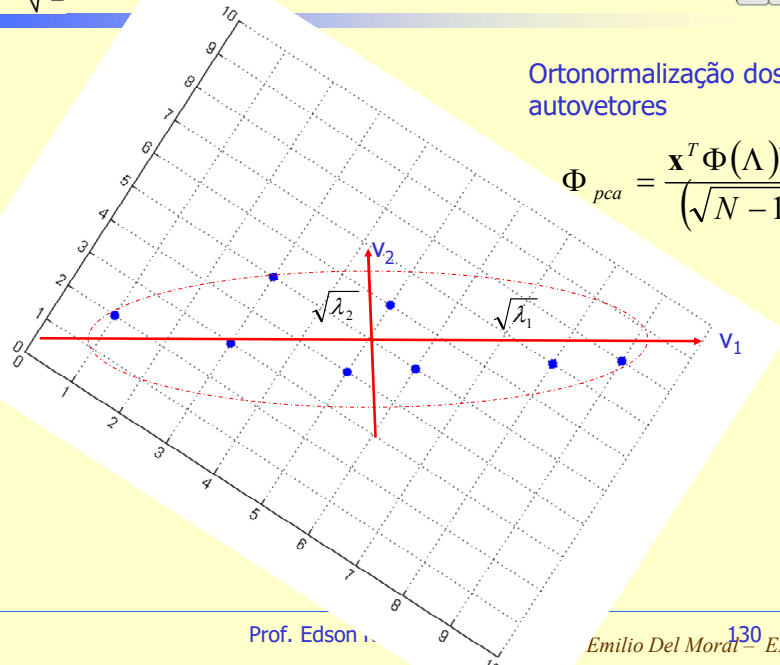


129

Prof. Edson Kitani - 04/2015 © Prof. Emilio Del Moral - EPUSP

### Ortonormalização dos autovetores

$$\Phi_{pca} = \frac{\mathbf{x}^T \Phi(\Lambda)^{-\frac{1}{2}}}{(\sqrt{N-1})}$$



130

Prof. Edson

Emilio Del Moral <sup>130</sup> EPUSP

Mais detalhes matemáticos e algumas referências em PCA podem ser encontradas no seguinte material gerado pelo Dr. Edson C. Kitani (material mais amplo que os slides que foram aqui destacados):

[http://www.lsi.usp.br/icone/psi2672/2011/monitor/PCA\\_Junho\\_2011\\_ECK\\_EdsonKitani\\_PSI2672.pdf](http://www.lsi.usp.br/icone/psi2672/2011/monitor/PCA_Junho_2011_ECK_EdsonKitani_PSI2672.pdf)

131

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

*E onde encontro o processamento de tempo para o “meu problema” de tempo (seja sonoro ou biomédico)?*

....

*Pesquisa bibliográfica ... Teses USP / Unicamp etc etc, Sites acadêmicos temáticos, CAPES Periódicos ... etc*

132

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

*Ou seja, faça o mesmo que os exemplos a seguir fizeram (guardadas as proporções, já que vocês têm um tempo bem mais curto!):*

*Localize artigos que tratam do seu tema alvo, para identificar opções eventualmente melhores que a padrão (a padrão seria usar Fourier ou algo similar 110% conhecido e 110% familiar)*

133

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

## PSI2672 – projeto em BCI

2016-PSI2672 -GR L... x

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2016-PSI2672 -GR L... 2016-PSI2672 -GR L... x Fazer logon

### Referencias

- A. L. B. a. P. Langley, "Selection of relevant features and examples in machine learning," *Artificial Intelligence*, vol. 97, p. 245–271.
- Q. Z. a. L. Zhang, "Temporal and Spatial Features of Single-Trial EEG for Brain-Computer Interface," Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University,, 2007.
- Y. Hashimoto, "EEG-based classification of imaginary left and right foot movements using beta," *Clinical Neurophysiology*, 2013.
- "Data - Give Me Some Credit | Kaggle", *Kaggle.com*, 2016. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/c/GiveMeSomeCredit/data>. [Accessed: 05- Jun- 2016].

19 PSI2672 - Grupo IV

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

## PSI2672 – projeto em EEG

2016-PSI2672 -GR I - SamAntonioFelipe - Fibrilação Arterial e Cancelador de Ruído.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2016-PSI2672 -GR L... 2016-PSI2672 -GR L... x Fazer logon

### Referências bibliográficas

- [1] C.K. Chen, and T. D. Chiueh, "Multilayer perceptron neural networks for active noise cancellation," In *Proc. IEEE Int. Symp. Circuits and Systems*, vol. 3, pp. 523-526, May 1996.
- [2] M. Salmasi, H. Mahdavi-Nasab, and H. Pourghassem, "Evaluating the Performance of MLP Neural Network and GRNN in Active Cancellation of Sound Noise", *Canadian Journal on Artificial Intelligence, Machine Learning and Pattern Recognition* Vol. 2, No.2, February 2011.
- [3] T. Krukowicz, "Active noise control algorithm based on a neural network and nonlinear input-output system identification model", *Journal on Archives of Acoustics*, vol. 35, no.2, pp.191-202, May 2010.
- [4] Mark Hudson Beale, Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, "Neural Network Toolbox User's Guide", MATLAB (2016a), March 2016.
- [5] Signal Processing Information Base. Disponível em: < <http://spib.linse.ufsc.br/noise.html> >.

34

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

## PSI2672 – projeto em instrumentos musicais

2015-PSI2672 - Aprs - Allan Mateus e Arthur - Acoes Petrobras Instrumentos musicais Ventilacao Inteligente.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2015-PSI2672 - Apr... 2015-PSI2672 - Apr... x Fazer logon

### Referências

- A. K. e. A. Kumar, "Univariate Time Series Based Back Propagation Neural Network Modeling of Air Quality Inside a Public Transportation Bus Using Available Software". Wiley Online Library.
- Wyon, P. D. Enhancing Productivity While Reducing energy use in buildings. Proceedings of the E-Vision 2000 Conference. Denmark, 2000.
- WHO. World Health Organization Guidelines for indoor air quality: Selected Pollutants. Europe, 2010.
- Pérez-Lombard, L.; Ortiz, J.; Pout, C. A review on buildings energy consumption information. Spain, UK, 2007.

56 Escola Politécnica da USP

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

## PSI2672 – projeto em EEG

2013-PSI2672 - Aprs - André, Pedro Parra, Rafael - Sinais EEG e Consumo residencial.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2013-PSI2672 - Apr... x Fazer logon

### Referências

- [1] Hauser, WA, Kurland, LT. (1975). "The epidemiology of epilepsy in Rochester, Minnesota, 1935 through 1967". *Epilepsia* **16** (1): 1–66. [DOI:10.1111/j.1528-1157.1975.tb04721.x](https://doi.org/10.1111/j.1528-1157.1975.tb04721.x). PMID 804401.
- [2] Andrzejak, Lehnertz, Mormann, Rieke, David, & Elger, (2001) "Indications of nonlinear deterministic and finite-dimensional structures in time series of brain electrical activity: Dependence on recording region and brain state". University of Bonn, Germany
- [3] Prechelt, Lutz (1997). "Early Stopping – but when?", Universidade de Karlsruhe, Alemanha

28/28

06:01 28/11/2017

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

## PSI2672 – projeto em EEG

2011-PSI2672 - Aprs - gr\_V - Sinais cerebrais e diagnostico.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2013-PSI2672 - Apr... 2011-PSI2672 - Apr... x Fazer logon

### Referências

Rangaswamy, et al. **Beta Power in the EEG of Alcoholics**  
Biol Psychiatry 51 PP 831–842. *Society of Biological Psychiatry*, 2002

Rangaswamy, et al. **Resting EEG in offspring of male alcoholics: beta frequencies**  
International Journal of Psychophysiology 51 PP 239–251, 2004

Reconhecedor de Alcoolismo | 25

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

## PSI2672 – projeto em gêneros musicais

2011-PSI2672 - Aprs - gr\_J - Generos Musicais.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2011-PSI2672 - Apr... 2011-PSI2672 - Apr... x Fazer logon

Introdução Features RNA Resultados

### REFERÊNCIAS

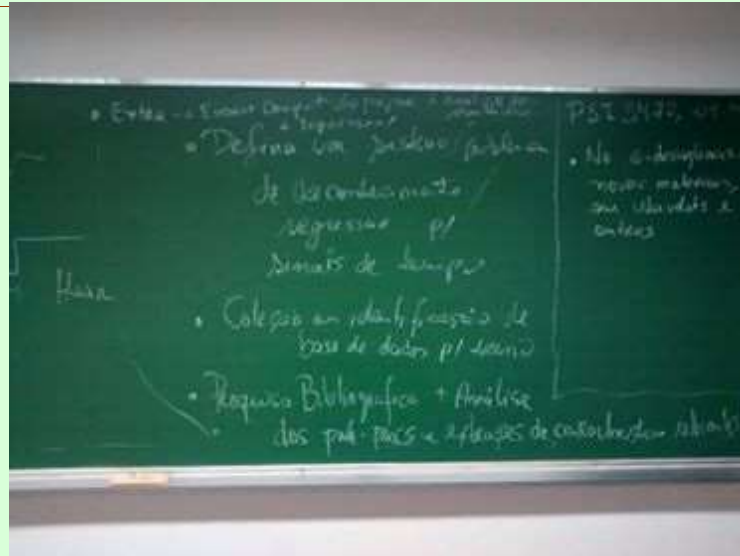
- [1] SCARINGELLA, N.; ZOIA, G.; MLVNEK, D. Automatic genre classification of music content: a survey. *Signal Processing Magazine*. Piscataway, v. 23[2], p. 133-141, 2006.
- [2] LI, D.; SETHI, I. K.; DIMITROVA, N.; MCGEE, T. Classification of general audio data for content-based retrieval. *Pattern Recognition Letters*. Amsterdam, v. 22, p. 533-544, 2001.
- [3] JIANG, D.-N.; LIU, L.; ZHANG, H.-J.; TAO, J.-H.; CAI, L.-H. Music type classification by spectral contrast feature. In: *IEEE ICME*, 2002, Lausanne. *Anais...*. Lausanne: Swiss Federal Institute of Technology, 2002.
- [4] MCKINNEY, M. F.; BREEBAART, J. Features for audio and music classification. In: *ISMIR*, 2003, Baltimore. *Anais...*
- [5] PANAGAKIS, Y.; KOTROPOULOS, C.; ARCE, G. R. Music genre classification via sparse representations of auditory temporal modulations. In: *EUSIPCO*, 2009, Glasgow. *Anais...*
- [6] TZANETAKIS, G.; COOK, P. **GTZAN Genre Collection**. Disponível em: [http://marsyas.info/download/data\\_sets](http://marsyas.info/download/data_sets). Acesso em: 7 de jun. 2011.
- [7] HAYKIN, S. **Neural Networks: A comprehensive foundation**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1999. 842 p.
- [8] REFAELZADEH, P.; TANG, L.; LIU, H. Cross-Validation. In: ÖZSU, M. T.; LIU, L. *Encyclopedia of Database Systems*. New York: Springer, 2009. Disponível em: <http://www.public.asu.edu/~ltang9/papers/ency-cross-validation.pdf>. Acesso em: 7 de jun. 2011.

06:02  
28/11/2017

© Prof. Emilio Del Moral – EPUSP

Na aula de 09 de outubro – iniciamos a definição da tarefa para o Prof. Emilio referente aos temas de sinais de tempo

140



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

140