



APLICAÇÃO DE REDES NEURONAIS À ANÁLISE DE RESULTADOS DA OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE SECÇÕES PILOTO DE PAVIMENTOS DA REDE DA BRISA

Simona Fontul

LNEC

Maria de Lurdes Antunes

LNEC

Pedro Domingos


LNEC

Dora Baptista

Brisa

Objectivos

Campanhas de observação do comportamento de secções piloto

- ⇒ Validação e calibração de modelos de evolução do comportamento  Sistema de Gestão da Conservação
- ⇒ Avaliação das variações sazonais do comportamento estrutural dos pavimentos

Secções Piloto



⇒ Critérios de selecção

- Diferentes **estruturas** de pavimentos
- Diferentes tipos de **camada de desgaste**
- Tipos mais comuns de **solos de fundação**

⇒ Características

- 300 m
- Via exterior
- Conjuntos de 2 secções

"HOMOGÉNEAS"

- Aterro
- Escavação

Secções Piloto

Auto-Estrada

A1 A2 A3 A4 A5 A6 A9 A12

Nº de Secções

10 6 4 6 2 4 6 2

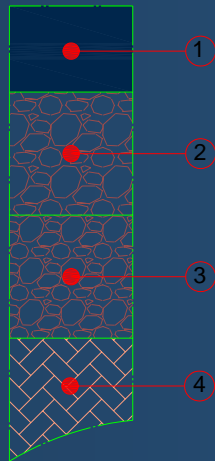
	SUB-LANÇO	SECÇÃO	SENTIDO	Pk _{inicial}	Pk _{final}
	Almada/Fogueteiro	A2-1	S/N	9+550	9+250
		A2-2	S/N	10+500	10+200
	Coina/Palmela	A2-3	S/N	29+300	29+000
		A2-4	S/N	30+500	30+200
	Alcácer/ Grândola	A2-5	N/S	84+300	84+600
		A2-6	N/S	85+700	86+000
	Maia/Sto Tirso	A3-1	N/S	10+000	9+700
		A3-2	N/S	11+800	11+500
	Ponte de Lima/EN 303	A3-3	N/S	82+100	81+800
		A3-4	N/S	93+000	92+700

A2
6

A3
4

Estrutura do pavimento

Espessura das camadas (m)



Camadas	A2-1	A2-3	A2-5	A3-1	A3-3
	A2-2	A2-4	A2-6	A3-2	A3-4
1. Misturas betuminosas	0,325	0,210	0,265 0,255	0,320 0,310	0,240
2. Base Granular	0,200	0,300	0,200	0,270	0,200
3. Sub-base granular	0,200	0,300	0,150	0,220	0,200

Camada de desgaste	A2-1	A2-3	A2-5	A3-1	A3-3
	A2-2	A2-4	A2-6	A3-2	A3-4
Betão Betuminoso	rugoso	"normal"	rugoso	drenante	drenante

Campanhas de Ensaio

⇒ Características Funcionais

- Inspeção visual
- Regularidade superficial
- Características antiderrapantes

⇒ Características estruturais

- Ensaio de carga com o FWD
 - 6 campanhas em diferentes épocas do ano



APLICAÇÃO DE RN À ANÁLISE DE RESULTADOS EM SECÇÕES PILOTO DA REDE DA BRISA
Simona Fontul, Maria de Lurdes Antunes, Pedro Domingos e Dora Batista

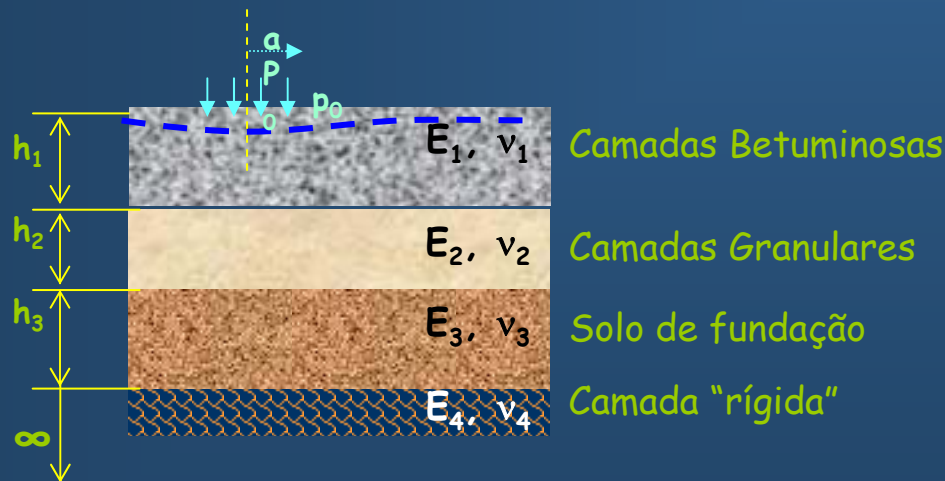


Interpretação dos resultados

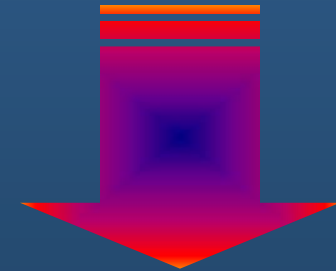
MÓDULOS DE DEFORMABILIDADE

- ☞ diferentes temperaturas das camadas betuminosas
- ☞ diferentes condições hídricas da fundação

Modelo do pavimento



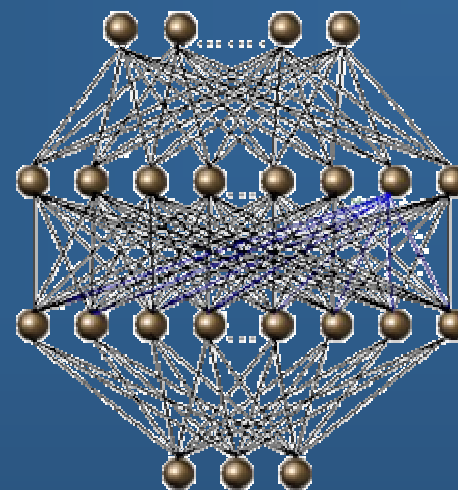
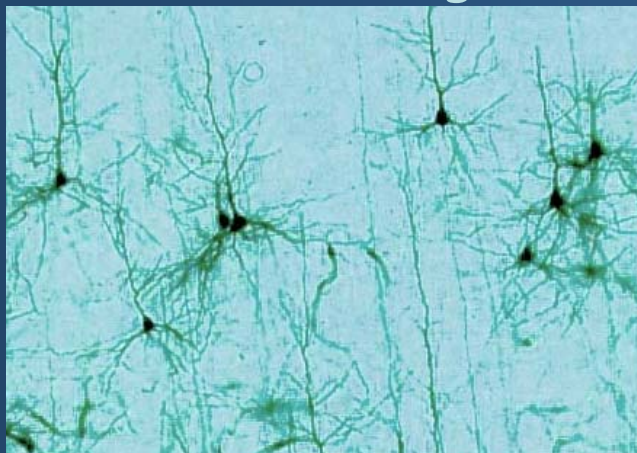
NÚMERO ELEVADO DE DADOS



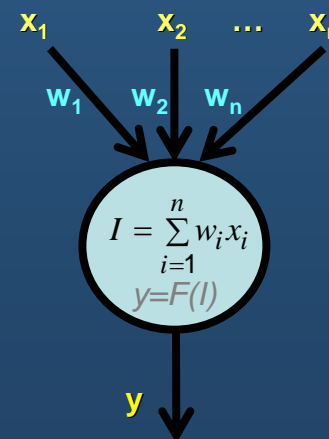
REDES NEURONAIS ARTIFICIAIS

Redes Neurais - conceitos gerais

- Neurónio biológico



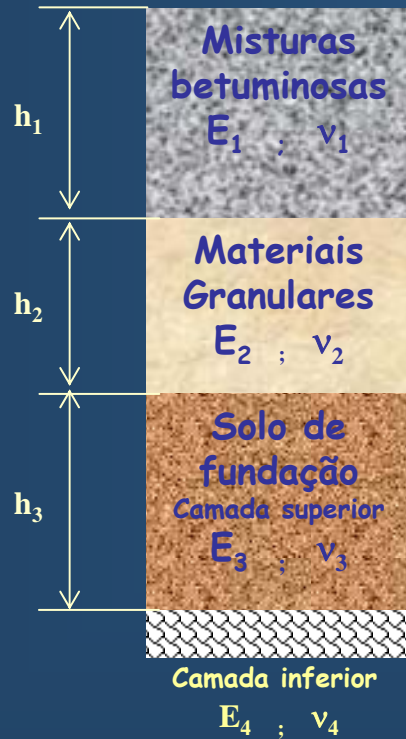
- Coleccionar estímulos ("inputs");
- Processar dados:
 - ponderar pelos pesos da ligação (w_i);
 - somar os estímulos resultantes;
 - aplicar a função de transferência "F";
- Gerar resposta ("outputs").



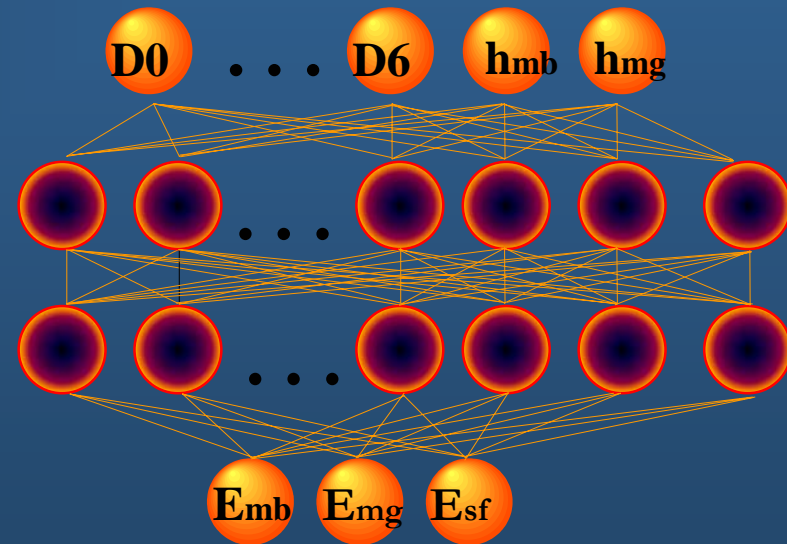
Aplicação de redes neuronais

Estrutura da rede (RNRE)

Modelo do pavimento



Deflexões: D0, D1, D2, D3, D4, D5 e D6
Espessuras das camadas: h_1, h_2



Módulos das camadas E_1, E_2 e E_3

Dados de treino

Secções Piloto	Dados Gerados	Rede Neuronal	Espessura das camadas (m)	
			Betuminosas - h_{mb}	Granulares - h_{mg}
A2-3 e A2-4	3328	RN3	0,210 e 0,220	0,600
A2-1, A2-2, A3-3 e A3-4	10913	RN4	0,210; 0,230; 0,240; 0,290 e 0,325	0,400
A2-5 e A2-6	8735	RN6	0,255; 0,265; 0,260 e 0,285	0,350
A3-1 e A3-2	4368	RN7	0,310 e 0,320	0,490

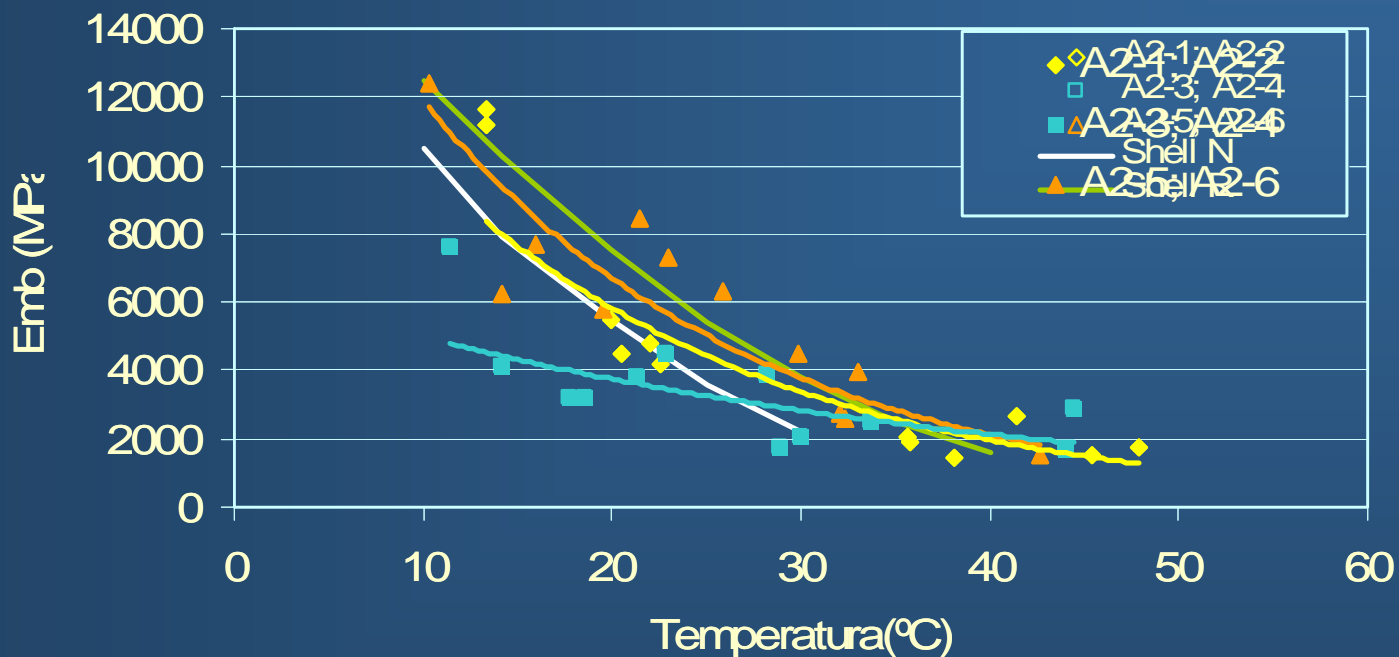
Resultados

Parâmetro	Módulos de deformabilidade das camadas (MPa)			
	E_{mb}	E_{mg}	E_{sf}	$E_{cr} = 5 \times E_{sf}$
Valor mínimo	1200	150	60	300
Valor máximo	20000	1000	300	1500
Intervalo de variação	1000	50	20	100

- diâmetro da placa de carga (300 mm)
- força de pico (78 kN)
- os coeficientes do *Poisson* (0,40 e 0,35)
- a distância entre os transdutores de deslocamento
- a espessura do solo de fundação ($h_{sf} = 1,00$ m)
- relação ($E_{cr} = 5 \times E_{sf}$),

Resultados

Variação do módulo da mistura betuminosa com a temperatura



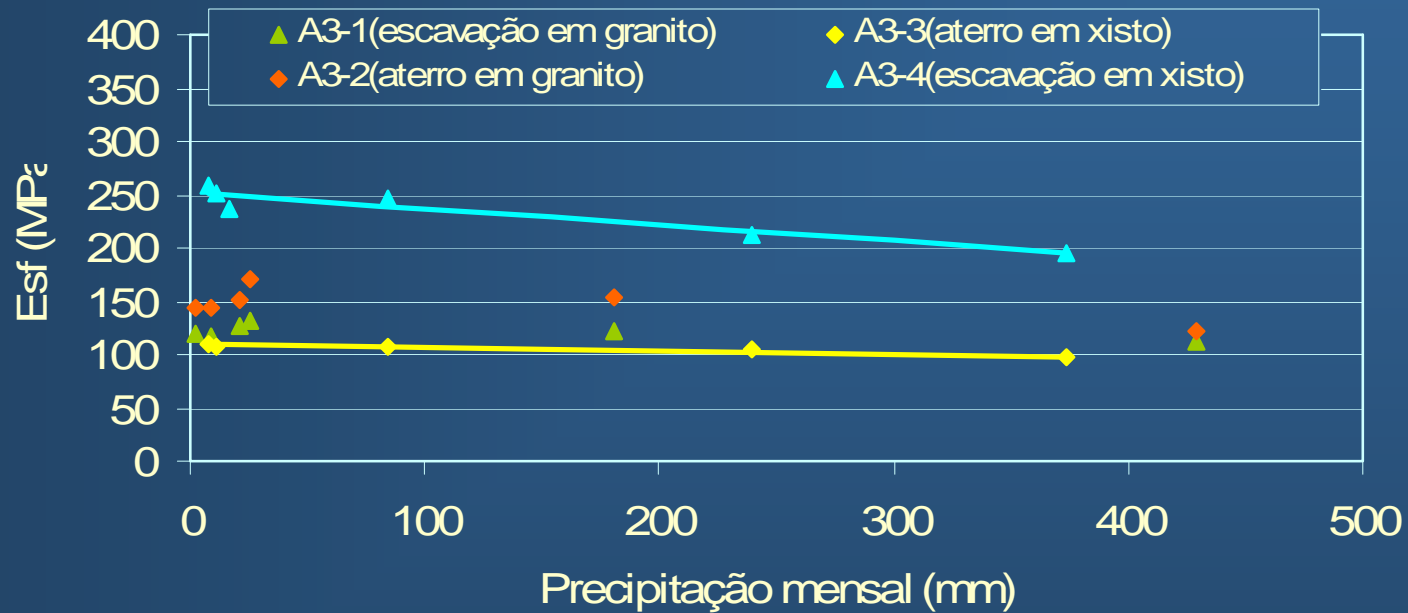
Trechos	Linha de tendência	Coefficiente de correlação
A2-1 e A2-2	$y = 17298e^{-0.0545x}$	$R^2 = 0.8637$
A2-3 e A2-4	$y = 6586.6e^{-0.0282x}$	$R^2 = 0.4887$
A2-5 e A2-6	$y = 21075e^{-0.0573x}$	$R^2 = 0.8289$

APLICAÇÃO DE RN À ANÁLISE DE RESULTADOS EM SECÇÕES PILOTO DA REDE DA BRISA
 Simona Fontul, Maria de Lurdes Antunes, Pedro Domingos e Dora Batista



Resultados

Varição do módulo do solo de fundação com a precipitação no mês anterior



Trechos	Linha de tendência	Coefficiente de correlação
A3-3 (aterro em xisto)	$y = -0.0317x + 109.93$	$R^2 = 0.8856$
A3-4 (escavação em xisto)	$y = -0.1514x + 251.62$	$R^2 = 0.8981$

Considerações Finais

- ⇒ utilização de redes neuronais dado o elevado número de dados a analisar
- ⇒ avaliação dos efeitos das condições climáticas na resposta dos pavimentos
 - correlações entre os módulos das camadas betuminosas e a temperatura
 - correlações entre os módulos do solo de fundação e as respectivas condições hídricas (para alguns dos tipos de fundação)