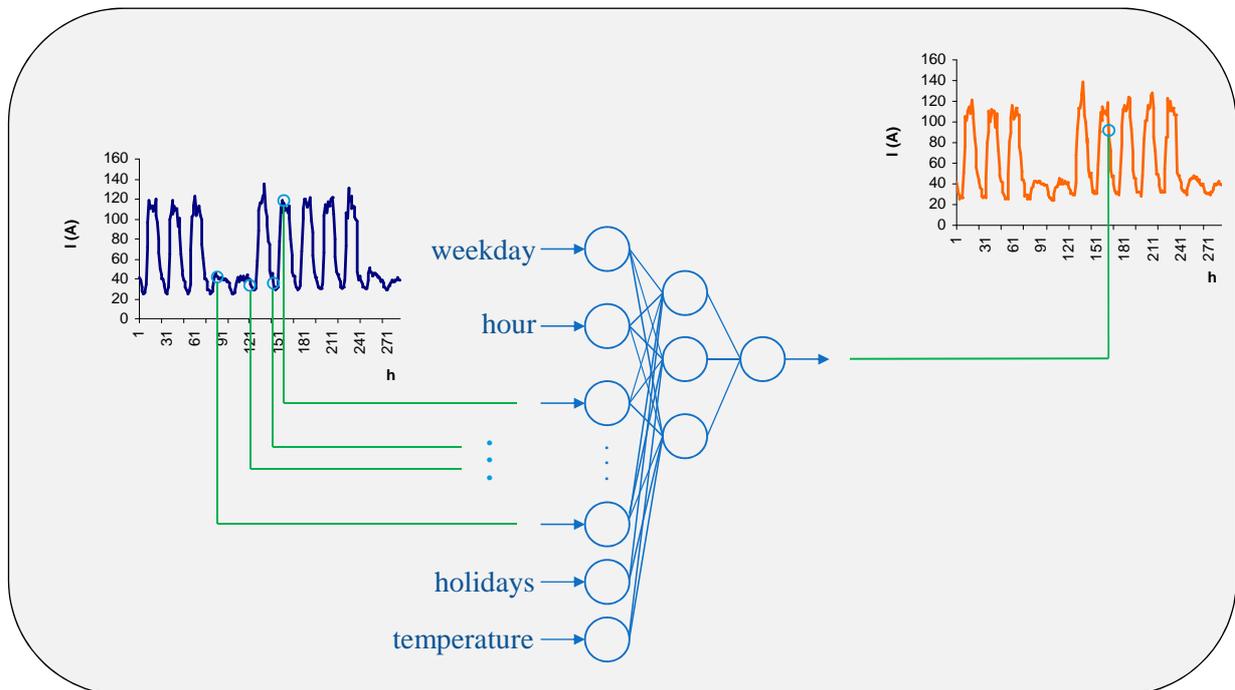


Previsão de consumos

Nuno Fidalgo



Prever o quê?

- o diagrama de potências, a ponta do diagrama (MW)
- a energia vendida, a energia a distribuída (MWh)
- a intensidade de corrente nos *feeders* de subestações (A)
- P e Q nos transformadores de PTs
- número ou localização de consumidores
- Produção eólica, hídrica,...
- preços da energia em mercados
- ...

Previsão de cargas

Objetivos

- Planeamento da expansão
 - Reforço e expansão da rede (Quanto? Quando?)
 - Localização de equipamentos e traçados (Onde?)

- Planeamento financeiro
 - Estimar os lucros da venda de energia
 - Planear contratos para compra de energia

- Gestão da procura
 - Identificar causas e tomar medidas que incentivem a diminuição das pontas
 - Definição de tarifários

Cont. →

3

Previsão de cargas

Objetivos

Cont. →

- Programação da manutenção e operação
 - Diminuir efeitos de interrupções
 - Estudos de transferência de carga
 - Estudos de configurações da rede

- Planeamento da produção dispersa
 - Estudos de níveis de integração da produção dispersa

4

Previsão com RN

Tópicos/fases fundamentais

- Seleção de entradas
 - Fatores que afetam o consumo (e.g. temperatura)
 - Análise de ciclos, sazonalidades, etc.
 - Saídas (targets) a considerar

 - Estandarização (normalização) das entradas
 - Combater o efeito de escala e de tendência
 - Equalização das condições de treino

 - Tratamento de entradas cíclicas
 - Transformação (**sen** e **cos**) facilita aprendizagem

 - Otimizar capacidade de generalização
 - Monitorização e controlo dos erros de treino e de teste
 - Ajuste da arquitetura da RN
-

5

Fatores que afetam o consumo

Variáveis explicativas → Entradas da RN

- Fatores económicos (âmbito global; previsões a médio prazo)
 - Índices macroeconómicos (PIB, inflação, índices de produtividade industrial, taxas de emprego, índices de investimento)
 - Preço da energia

- Fatores cronológicos (âmbito global; conhecido das séries temporais)
 - Sazonalidade (anual, semanal e diária), fins de semana, feriados, período de férias, mudança de hora

- Fatores meteorológicos (âmbito global e regional; previsão a curto prazo)
 - Temperatura, humidade, índices de conforto, velocidade de vento, nebulosidade

- Fatores demográficos (âmbito global e regional; previsão a longo prazo)
 - Número de consumidores (por classe de consumo), população (por faixa etária), índices de mobilidade

Cont. →

6

Fatores que afetam o consumo

Variáveis explicativas → Entradas da RN

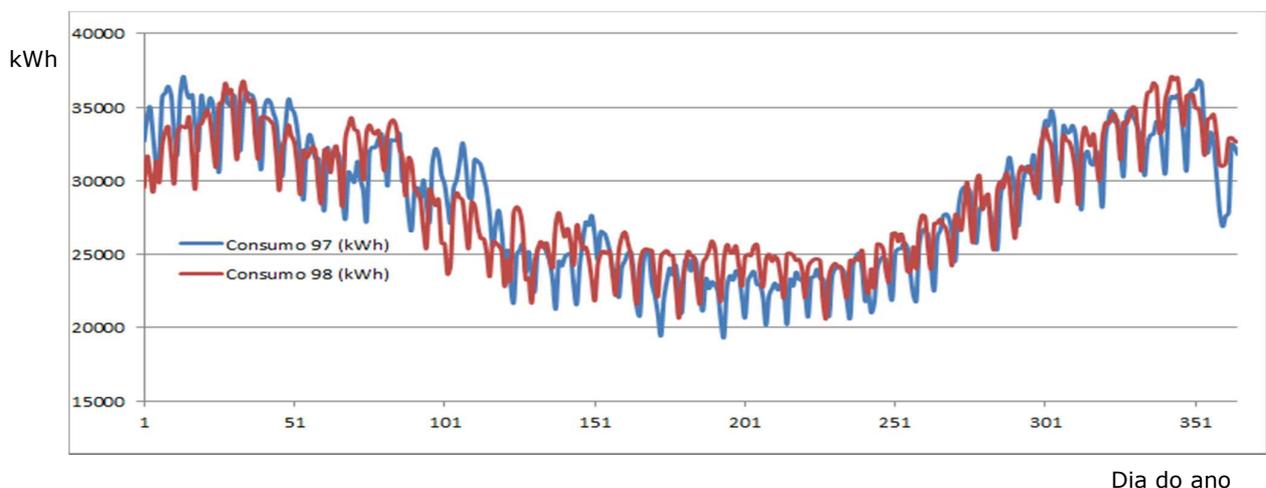
Cont. →

- Comportamentos sociais (âmbito global; calendarizado)
 - share de televisão, acontecimentos desportivos / festivos
 - comportamentos típicos de classes de consumo
- Tecnologias de consumo (âmbito global; previsão a longo prazo)
 - Novos processos industriais, novos produtos, novos eletrodomésticos, eficiência das tecnologias
- Fatores geográficos (âmbito local; médio / longo prazo)
 - Planos diretores municipais
 - Restrições ambientais e técnicas
 - Densidade populacional (por classe de consumo e por classe económica), antiguidade dos consumidores
 - Distância a serviços comércio e indústria

7

Previsão de consumos a curto prazo

Observar variações e analisar tendências



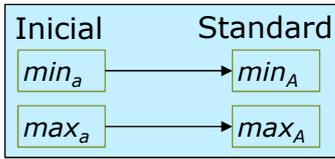
Neste caso:

- Dia do ano pode ter influência mas há poucos exemplos para cada dia
- Dia da semana é importante
- Não parece haver tendência de crescimento

8

Estandarização

❑ Método Min-Máx



estandardização

$$v' = \frac{v - \min_a}{\max_a - \min_a} \times (\max_A - \min_A) + \min_A$$

destandardização

$$v = \frac{v' - \min_A}{(\max_A - \min_A)} \times (\max_a - \min_a) + \min_a$$

Habitualmente, $\min_A = -1$ e $\max_A = 1$

❑ Método Z-Score - Entradas normalizadas apresentam média zero e desvio padrão unitário

estandardização

$$v' = \frac{v - \langle v \rangle}{\sigma_v}$$

Destandardização

$$v = v' \sigma_v + \langle v \rangle$$

$\langle v \rangle$ - valor médio de v
 σ_v - desvio padrão de v

❑ Método Decimal Scaling - mudança de escala com divisão por múltiplos de 10, onde j é o menor valor inteiro que satisfaz a condição $\max |v'| < 1$

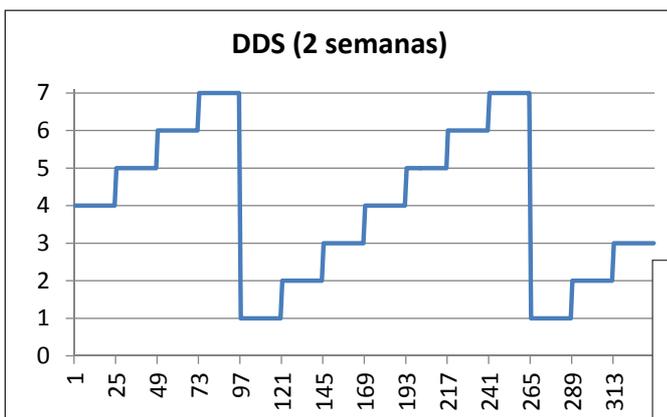
estandardização $v' = \frac{v}{10^j}$

destandardização $v = v' \cdot 10^j$

9

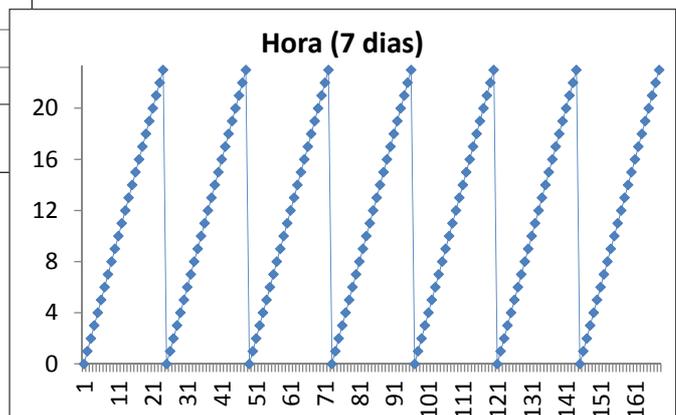
Previsão de consumos

Tratamento de entradas cíclicas



Transição brusca do dia 7 (sábado) para dia 1 (domingo).
E no consumo?

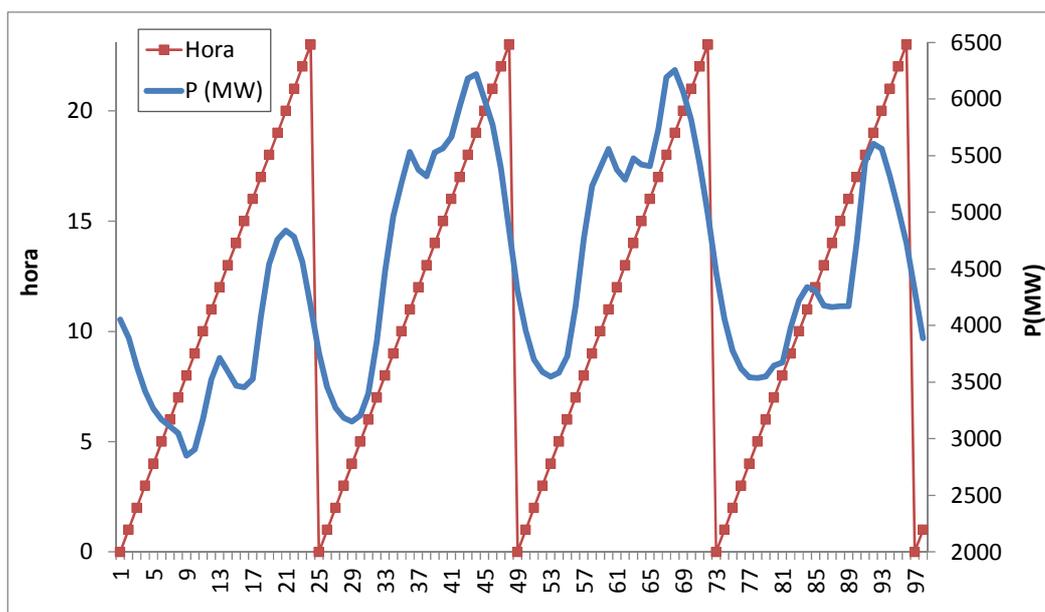
Transição brusca das 23h para as 0h.
E no consumo?



10

Previsão de consumos

Tratamento de entradas cíclicas



No consumo não há correspondência à transição repentina da hora!

11

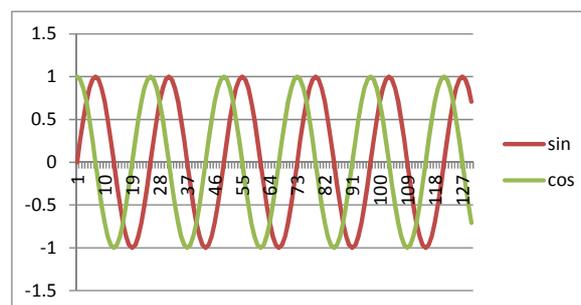
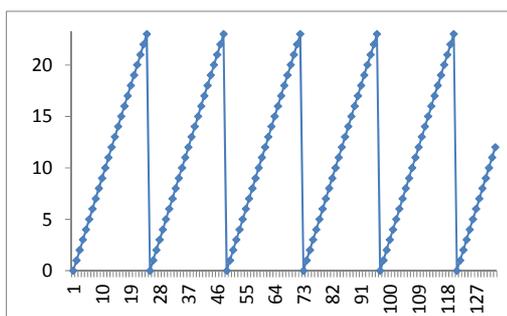
Previsão de consumos

Tratamento de entradas cíclicas

- Solução: Transformar cada entrada cíclica em 2 variáveis seno e cosseno com o mesmo período.

- Exemplo: **hora** (Período = 24)

$$h_1 = \sin \frac{2\pi h}{24}$$
$$h_2 = \cos \frac{2\pi h}{24}$$



12

Previsão de consumos

Otimizar capacidade de generalização

- Objetivo principal da previsão: Estimar carga futura com a maior exatidão possível, em regime operacional.



Em aplicação real da previsão apenas existem dados novos (não usados no processo de treino).

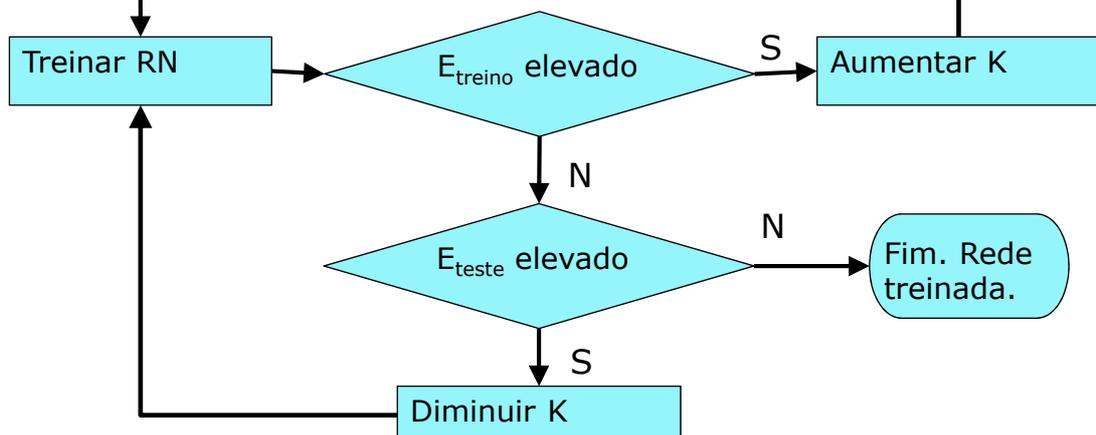
- Interessa sobretudo minimizar o erro no conjunto de teste
- Analisar e controlar erros nos conjuntos de treino e de teste

13

Previsão de consumos

Otimizar capacidade de generalização

Definir RN: entradas, saídas e **K** unidades (neurónios) escondidos



14

Previsão de consumos

Otimizar capacidade de generalização

- **E_{treino} elevado** significa falta de capacidade da RN \Rightarrow aumento do número de unidades escondidas
 - Aumenta número de pesos (parâmetros do regressor)
 - E_{treino} elevado pode também ter origem na falta de informação suficiente para caracterizar relação **saída = f(entradas)**

- **E_{treino} baixo e E_{teste} elevado** significa que a RN conseguiu adaptar-se aos padrões (exemplos) de treino, mas não consegue generalizar bem
 - Provavelmente por excesso de parâmetros (demasiados pesos)
 - Solução: diminuir parâmetros \rightarrow diminuir pesos (ligações entre unidades) \rightarrow diminuir unidades escondidas (admitindo que entradas e saídas da RN se mantêm)