

APLICAÇÃO DE REDE RECORRENTE NA PREVISÃO DA VELOCIDADE DOS VENTOS

Francisco Daniel Lima Silva - FDANIELCE@YAHOO.COM.BR
José Roberto Bezerra - JBROBERTO@YAHOO.COM.BR
Prof. Paulo Cesar Marques de Carvalho - CARVALHO@DEE.UFC.BR

Universidade federal do Ceará – Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. A utilização de fontes de energia renováveis tem sido fortemente ampliadas nos últimos anos, seja por demandas do ponto de vista ambiental ou pela própria diversificação da matriz energética. Dentre as energias renováveis que vêm sendo empregadas, a energia eólica se destaca como uma das mais promissoras. Seu uso eficiente está diretamente relacionado com a caracterização da velocidade do vento. Métodos de estimação e previsão da velocidade dos ventos são de grande importância para o planejamento da produção de aerogeradores. Este trabalho propõe a utilização de Redes Neurais para fazer previsão da velocidade dos ventos utilizando apenas medições como entrada, substituindo as complicadas técnicas de previsão que fazem uso cálculos complexos.

Palavras-chave: Redes Neurais, Previsão de Ventos, Energia Eólica, Energias renováveis

1 Introdução.

Nos últimos anos, as fontes de energia renováveis têm ganhado importância e apresentam-se cada vez mais como alternativas energéticas de grande importância para o suprimento das demandas por energia do mundo moderno. A grande vantagem que as fontes de energia renovável apresentam é do ponto de vista ambiental, entretanto sua importância têm aumentado a medida que se observa a escassez de fontes não renováveis. A energia solar, biomassa e eólica são alguns exemplos desse tipo de energia. Dentre elas a energia eólica vêm se destacando como uma das mais limpas e de larga aplicabilidade.

A instalação de uma usina de energia eólica requer um planejamento que exige previsões da velocidade dos ventos a fim de se ter uma estimativa da capacidade de geração da usina. O uso de técnicas meteorológicas é comumente empregado para realizar a previsão da velocidade dos ventos. Porém, estas técnicas utilizam-se de equações diferenciais e cálculos complexos.

A aplicação de Redes Neurais (RN) para previsão de ventos tem se mostrado uma técnica conveniente e eficiente [1-8]. A maioria dos trabalhos apresenta aplicações que utilizam Redes Neurais Alimentadas Adiante como melhor tipo de rede para esta aplicação.

2 Redes Neurais Utilizadas.

Neste trabalho são comparados os resultados da aplicação de três tipos de redes neurais com o objetivo de previsão do potencial eólico, são elas: rede Feed-forward, a rede Elman que é um tipo de rede recorrente, e a Feed Forward Distribuída com atraso no tempo.

Feed-Forward

Redes Feedforward muitas vezes têm uma ou mais camadas ocultas de neurônios sigmoide, seguida por uma camada de saída neurônios lineares. Múltiplas camadas de neurônios com funções de transferência não-lineares permitem que a rede não linear aprendam as relações lineares entre a entrada e a saída de vetores. A saída linear de camada permite que a rede produza valores fora do intervalo -1 a 1.

Por outro lado, se é conveniente limitar as saídas de uma rede (como entre 0 e 1), em seguida, a camada de saída deve usar uma função de transferência sigmoide (como logsig).

Esta rede pode ser usada como um aproximador da função geral. Ele pode aproximar qualquer função com um número finito de descontinuidades, arbitrariamente bem, tendo em conta os neurônios suficientes na camada escondida.

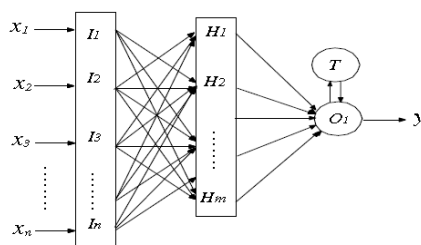


Figura 1- Rede feed forward

Elman, Rede Neural Recorrente

As Redes Neurais Recorrentes (RNR) diferenciam-se da grande maioria das redes neurais por apresentar uma estrutura de realimentação que faz com que o fluxo da informação circule da camada escondida para a cama de entrada. A repetição desse fluxo de informações consiste no treinamento da rede.

Para previsão de velocidade de vento os dados históricos são utilizados para a aprendizagem. Todos os neurônios da rede são conectados linearmente. A conexão entre cada neurônio possui um peso. A saída dos neurônios da camada escondida e dos neurônios de saída são convertidos em valores não lineares através da função sigmóide. O método de treinamento utilizado é o *Backpropagation*. O sinal de saída é então comparado com o sinal desejado. A minimização do erro é buscada pelo algoritmo.

A aprendizagem efetiva é melhorada utilizando-se coeficientes de aprendizagem variáveis. Neste trabalho, todos os parâmetros da rede foram estabelecidos através do método de tentativa e erro.

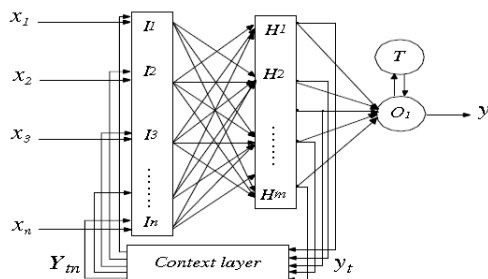


Figura 2 - Rede Elman

Rede alimentada adiante atrasada no tempo distribuída

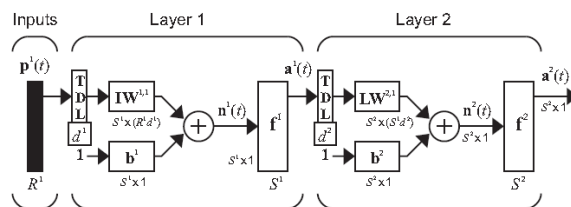


Figura 3 - Rede distribuída com atraso

A construção desta rede é baseada no filtro neural de múltiplas entradas, como o modelo espaço temporal de um neurônio.

A rede distribuída com atraso foi introduzida pela primeira vez em [WaHa89] para o reconhecimento de fonemas. A arquitetura original era muito específico para esse problema particular. A figura3 mostra uma rede padrão de duas camadas distribuídas.

3 Dados de entrada Tratamento dos Dados.

Os dados históricos de velocidade dos ventos utilizados neste trabalho estão disponíveis na página da FUNCEME, que possui uma vasta rede e estações meteorológicas no estado do Ceará. A cidade escolhida

aleatoriamente foi à cidade de Catarina (06° 07' 51" S 39° 52' 40" O), destacada em vermelho na figura 4, que fica a 394 km de Fortaleza e está a 580 metros acima do nível do mar.



Figura 4 - Mapa destacando Catarina

Foram utilizadas duas escalas de medições para os ensaios deste trabalho a escala de leituras a cada 3 horas, onde um dia possuirá oito leituras e a escala de 6 horas tendo 4 leituras por dia como mostrado na tabela 1.

Tabela 1. Escalas de previsão

Tempo	Passo de tempo (h)	Quantidade de pontos por ano
1 ano	3	2920
1 ano	6	1460

O arquivo de dados possui informações de 2006 à 2010, foram utilizados inicialmente os anos de 2006 e 2007, devido a percepção de falhas nos dados de velocidades dos ventos foram selecionados os meses de janeiro e fevereiro de 2006 e 2007 para a realização dos ensaios, pois estes períodos não apresentavam falhas nas leituras. Onde janeiro e fevereiro de 2006 foram usados para treinamento e janeiro e fevereiro de 2007 para validação.

Os dados de entrada tanto da fase de treinamento quanto de validação foram preparados com uma janela de quatro posições de atraso, como observado na tabela 2.

Tabela 2. Janela de previsão

Entradas	Número de horas de previsão à frente	Número de horas passadas de velocidade do vento até o presente momento
x1 – x4	3	12
x1 – x4	6	24

4 Verificação do erro MAPE.

Para avaliar as simulações das previsões da velocidade do vento, ou seja, o quando o valor simulado se aproximou da realidade, foi calculado o erro de previsão (MAPE, erro médio percentual absoluto). MAPE é dado como:

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|P_f^i - P_a^i|}{P_a^i} [\%] \quad (1)$$

onde, N é o número de dados, P_f é o valor previsto, P_a é valor real e, i é o número de dias de previsão.

5 Ensaio e análise.

Utilizando a ferramenta Toolbox do MATLAB alimentada pelos dados meteorológicos, foram criadas as três redes sugeridas e definidos seus respectivos parâmetros de simulação, os resultados desta etapa vamos observar a seguir nas escalas de 3 horas e 6 horas.

Previsão para 3 horas

Aplicando rede feed-forward

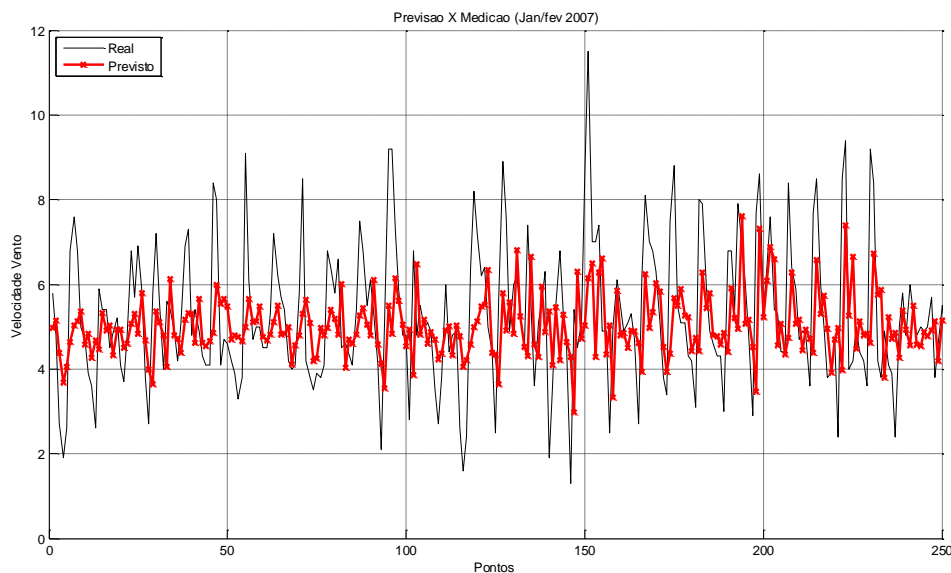


Figura 5 - Feed Forward 480 pontos 3 Horas

Foi alcançado MAPE = 11,19%

Aplicando rede Elman:

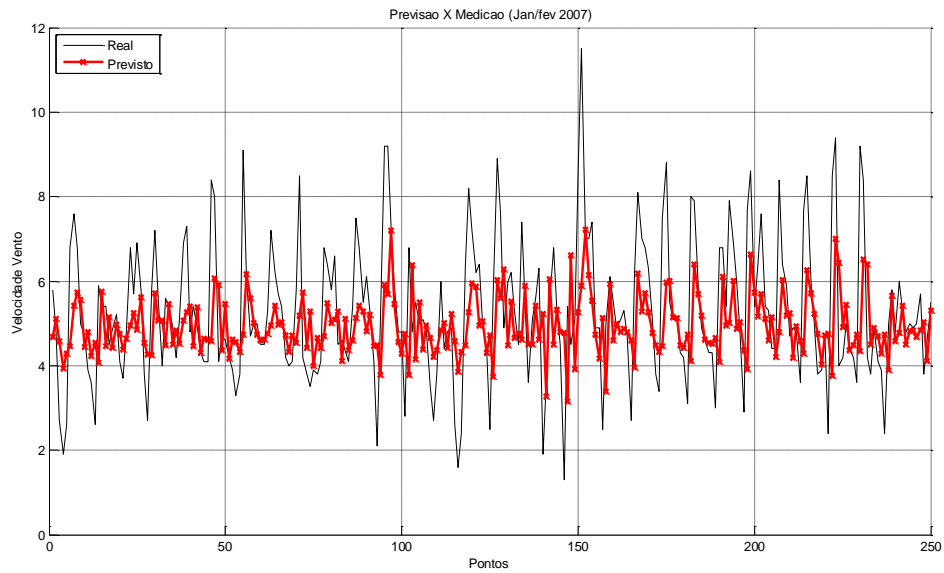


Figura 6 - Elman 480 pontos 3 Horas

Foi alcançado MAPE = 10,75%

Aplicando rede FFDTD

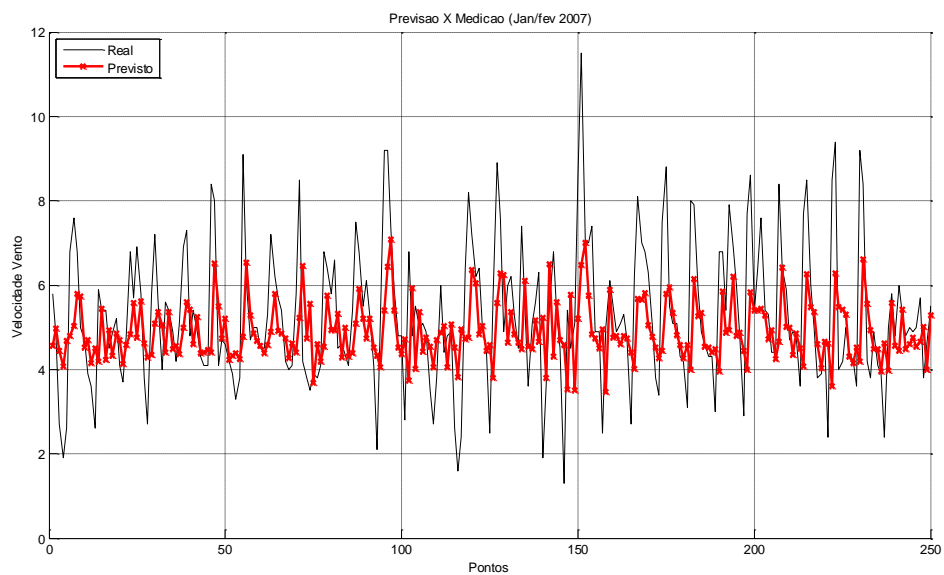


Figura 7 - FFDTD 480 pontos 3h

Foi alcançado MAPE = 11,06% %

Previsão para 6 horas

Aplicando rede feed-forward

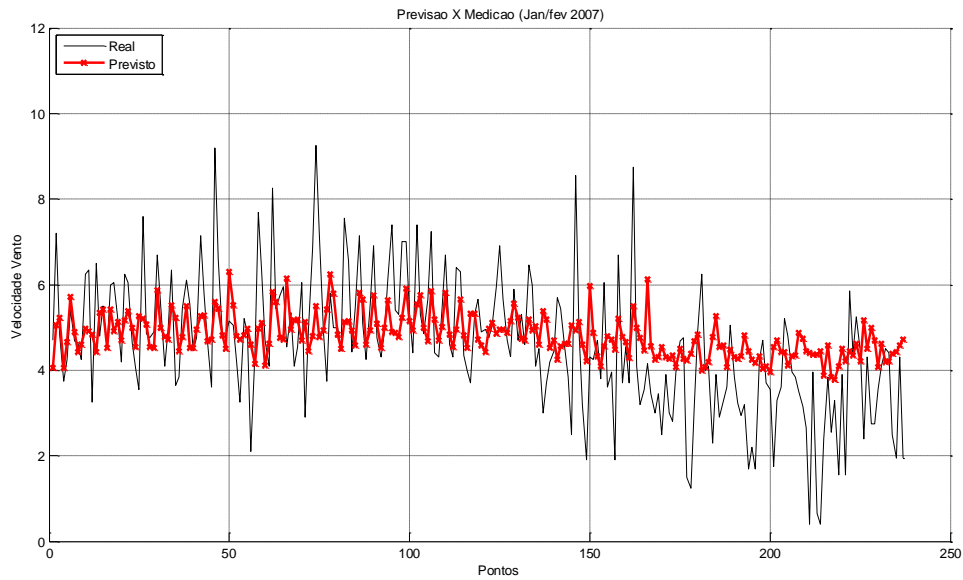


Figura 8 - Feed Forward 237 pontos 6h

Foi alcançado MAPE = 11,26%

Aplicando rede Elman:

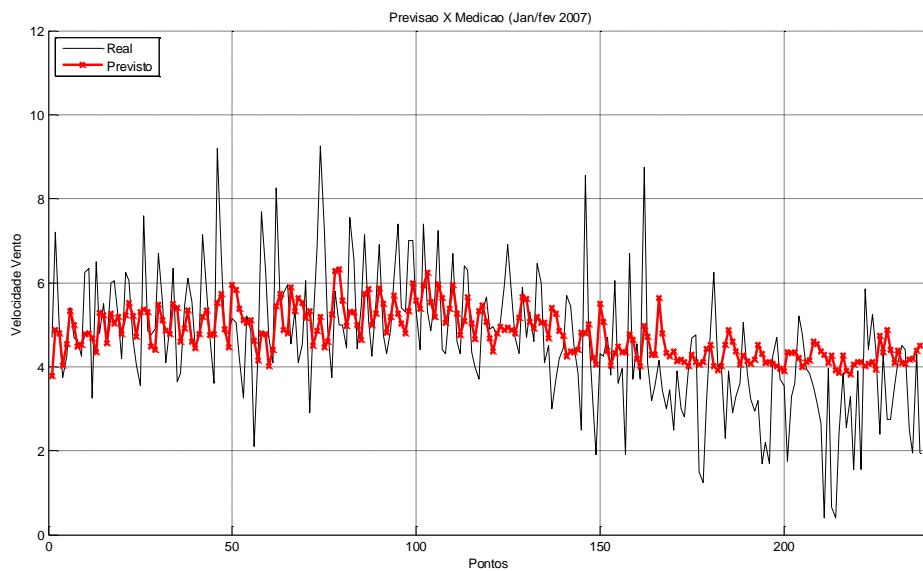


Figura 9 - Elman 237 pontos 6h

Foi alcançado MAPE = = 11,21%

Aplicando rede FFDTD

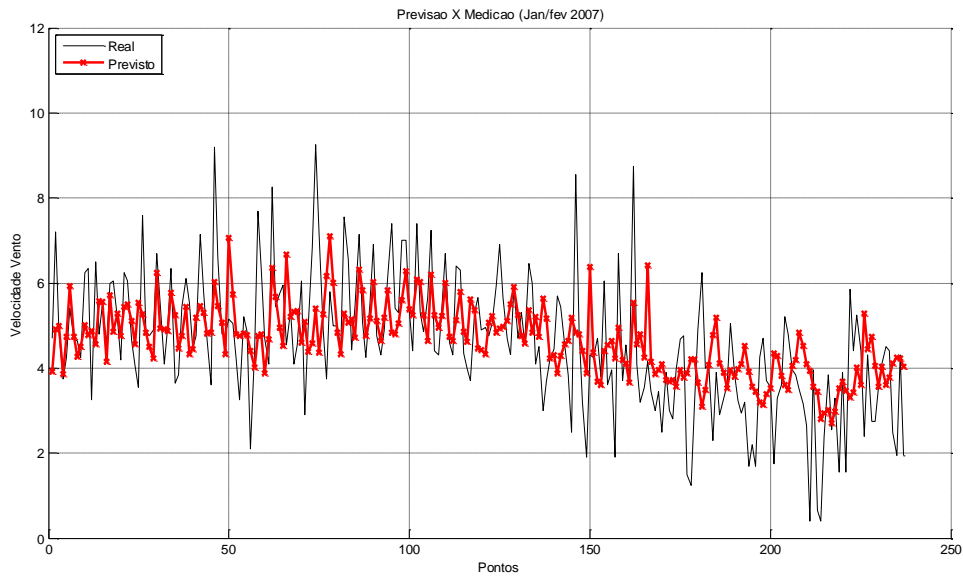


Figura 10 - FFDTD 237 pontos 6 horas

Foi alcançado MAPE = 11,02%

Tabela 3. comparativa

		MAPE %	
		480/3h	237/6h
Elman toolbox		10,7540	11,2142
FFDTD		11,0617	11,0291
FEED FOR-	WARD	11,1987	11,2676

Verificou-se que houve um melhor desempenho da Elman para 3h, e melhor desempenho para a FFDTD para 6h.

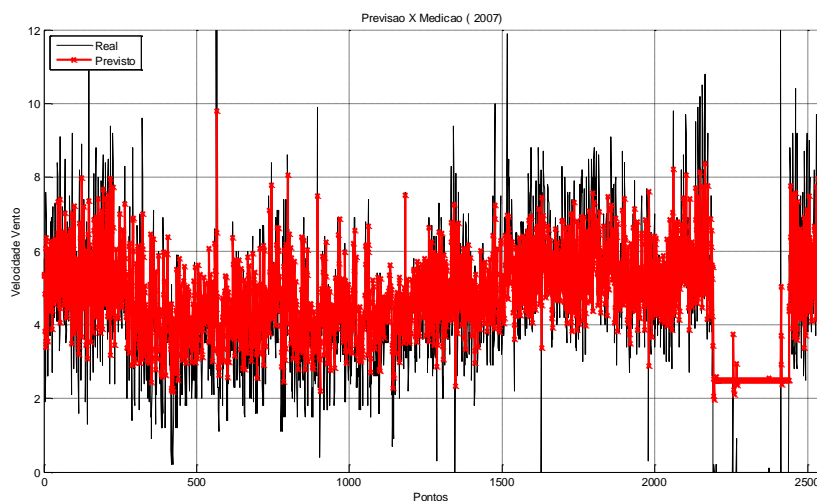


Figura 11 - Elman tool box Previsão 2007 ano completo 3h

Tomonobu (2006), utilizou em seu trabalho uma escala de dados de um ano e encontrou melhores resultados do que os obtidos no presente trabalho, isso levou a simulação com o ano completo, mesmo sabendo que o mesmo é recheado de falhas que devem interferir no desempenho.

Foi utilizada a rede ELMAN na escala de 3h, veja na figura 11, a simulação com ano completo.

Foi alcançado MAPE = 8.6406 %

6 Conclusões.

Observou-se que ao se aplicar como dados de entrada um arquivo do ano todo, o desempenho de rede aplicada melhorou, assim temos a convicção de que este desempenho só não foi melhor, devido a inúmeras falhas na continuidade dos dados, o que gera uma quebra na sazonalidade das amostras que vai certamente prejudicar o resultado, mesmo assim se verificou a praticidade da aplicação de rede neurais para este fim de previsão eólica dando destaque ao melhor desempenho da rede recorrente Elman. Este trabalho serve como motivação para trabalhos futuros na busca de melhores desempenhos.

Referências Bibliográficas

- Costa, O. L. V., do Val, J. B. R. e Geromel, J. C. (1996). Convex programming and the H_2 -control of jump linear systems, *Proceedings of the 11th Brazilian Automatic Control Conference*, Vol. I, São Paulo, pp. 067–072.
- El Ghaoui, L. e Scorletti, G. (1996). Control of rational systems using linear-fractional representations and LMIs, *Automatica*, **32**(9): 1273–1284.
- Mikael Bodén, A guide to recurrent neural networks and backpropagation
- Tomonobu Senjyu¹, Member, IEEE, Atsushi Yona¹, Power Systems Conference and Exposition, 2006. PSCE '06. 2006 IEEE PES. Application of Recurrent Neural Network to Long-Term-Ahead Generating Power Forecasting for Wind Power Generator

APPLICATION OF RECURRENT NETWORK ON FORECAST OF WIND SPEED

Abstract— *The use of renewable energy sources has been heavily improved in recent years, such for environmental demands or by the diversification of energy sources. Among the renewable sources that have been applied, eolic energy is detached as the most promising. Its effective use is forward related to the characterization of wind speed. Estimation and forecast methods are very valueable for planning wind speed generators. This work proposes the use of Neural Networks to make wind speed forecasts based on measurements as input, in order to replace complicated forecasting techniques that use complex calculations.*

Keywords— Neural Network, Wind Forecasting, Wind Power, Renewable Energy