

## **PREVISÃO DE RADIAÇÃO SOLAR, POR MODELAGEM COMPUTACIONAL, NA REGIÃO SERRANA DO MACIÇO DE BATURITÉ**

**Arini de Menezes Costa.<sup>1</sup>, Neyla Danquá dos Ramos.<sup>2</sup>, Antonio Alisson P. Guimarães.<sup>3</sup>**

**Resumo:** No presente trabalho apresenta-se metodologia empregada para a previsão diária de radiação solar incidente por métodos computacionais. A estimativa de radiação solar incidente tem um impacto de grande relevância em várias áreas do conhecimento, visto que a energia solar é a fonte primária para todas as outras fontes de energia limpas e/ou renováveis em que se destaca obviamente o uso de fontes alternativas de energias, tais como: energia solar, energia eólica, dentre outras. Contudo, os dados de previsão solar não estão disponíveis em todos os locais de interesse do globo devido a maior disponibilidade de estações meteorológicas. Com o propósito de contornar tal situação nesses lugares, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos analíticos de estimação que possam responder de forma eficaz aos métodos científicos convencionais cujos dados são coletados de outras maneiras. Por outro lado, o conhecimento preciso de incidência de radiação solar é de fundamental importância para o planejamento energético. Diante de todo esse contexto, o projeto de pesquisa visa o estudo de previsão de radiação solar por modelagem computacional baseada em Redes Neurais Artificiais (RNA) Perceptron Multicamadas para a região serrana do Maciço de Baturité. A previsão de estimativa dos modelos de RNA leva-se em consideração a combinação dos parâmetros de entrada, o estudo das multicamadas mediante as várias arquiteturas, aspectos geográficos e meteorológicos: Período do ano, velocidade média dos ventos, nebulosidade, precipitação total, pressão atmosférica, temperatura máxima e umidade, durante o período compreendido entre os meses de agosto de 1995 a dezembro de 2014.

**Palavras-chave:** previsão. energia solar. redes neurais artificiais. perceptron multicamadas.

### **INTRODUÇÃO**

O Mercado de energia elétrica tem experimentado grandes mudanças. A demanda do consumo por energia vem crescendo nos últimos anos decorrente ao avanço tecnológico e socioeconômico da maior parte da população mundial gerando melhoria da qualidade de vida. O uso das fontes renováveis de energia vem como alternativa para combater e mitigar os efeitos no meio ambiente e otimizar a disponibilidade de energia assegurando o desenvolvimento socioeconômico de forma sustentável. Devido às

---

<sup>1</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, e-mail: atalaia.ce@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, e-mail: ramosneyla7@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, e-mail: alisson@unilab.edu.br

características climáticas, o Brasil possui uma grande disponibilidade energética por meio do uso de fontes renováveis de energia, tais como: energia solar, energia eólica, energia biomassa e energia hidráulica.

Para a utilização da energia solar há uma necessidade de avaliação do potencial de geração a partir da radiação solar incidente. Este assunto normalmente é possível através de equipamentos de medição, mas estes dispositivos não estão disponíveis em alguns lugares remotos ou zonas rurais que especialmente possuem potencial de instalação de usinas. Para tais situações, faz-se uso de ferramentas analíticas como modelos de previsões, os quais proporcionam boas estimativas do potencial de energia solar.

Em suma, este trabalho de pesquisa tem como objetivo, mediante a utilização de Redes Neurais Artificiais, fornecer uma estimativa de radiação solar na região serrana do Maciço de Baturité.

## **METODOLOGIA**

Para este trabalho, utilizaram-se, mediante a utilização de Redes Neurais Artificiais, o período compreendido entre 31 de janeiro de 1995 a 31 de dezembro de 2014 de dados diários de velocidade média dos ventos, nebulosidade, precipitação total, pressão atmosférica, temperatura máxima e umidade relativa e, por fim, comparadas com a radiação solar. Os dados meteorológicos foram coletados por meio de uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a fim de usá-los como parâmetros de entrada para a rede neural artificial (RNA). A previsão de radiação solar depende então do conhecimento antecipado das condições atmosféricas futuras, que, com certo grau de incerteza, pode ser suprido a partir das várias variáveis meteorológicas previstas pelos modelos numéricos de previsão de tempo para modelar a radiação solar incidente à superfície. Com base na revisão bibliográfica, permitiu-se identificar e selecionar o tipo de arquitetura de redes neurais artificiais e os métodos mais eficazes de processos de treinamento, com os respectivos aspectos de aprendizado.

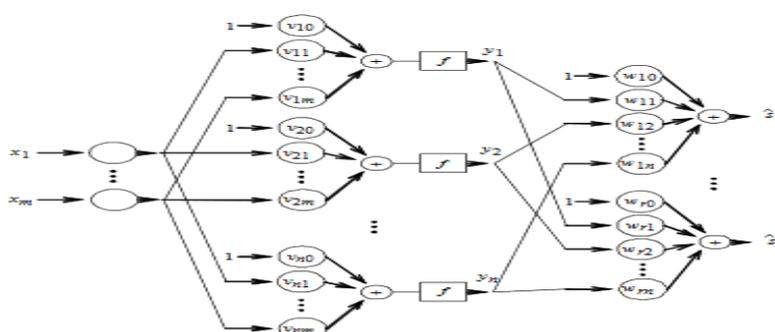
Desta forma, Após a coleta dos dados, deu-se início ao pré-processamento dos dados, normalizando os dados e preenchimento de falhas de dados (missing data) e análise de variáveis de insignificância estatística foram realizadas, a fim de tonar a rede

mais eficaz. Assim, podendo fazer a exclusão de anos que pudessem interferir no desempenho da rede. Com as etapas anteriores cessadas, pode-se dá início a construção da RNA. Sendo assim, especificou-se a estrutura do algoritmo de construção da RNA, contendo: seis variáveis de entrada, bias, três camadas ocultas, dois neurônios em cada camada, com seus respectivos pesos e função de treinamento, e ainda uma camada de saída.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As redes Perceptron de Multicamadas (MLP) apresentam uma estrutura em que haja pelo menos a presença de duas camadas de neurônios, os quais estarão distribuídos entre as camadas intermediárias e de saída. Independentemente da quantidade de camadas intermediárias, o sentido seguido da propagação dos sinais de sempre realizada num único sentido.

Figura 1- Esquema de Rede Neural Perceptron com uma camada intermediária



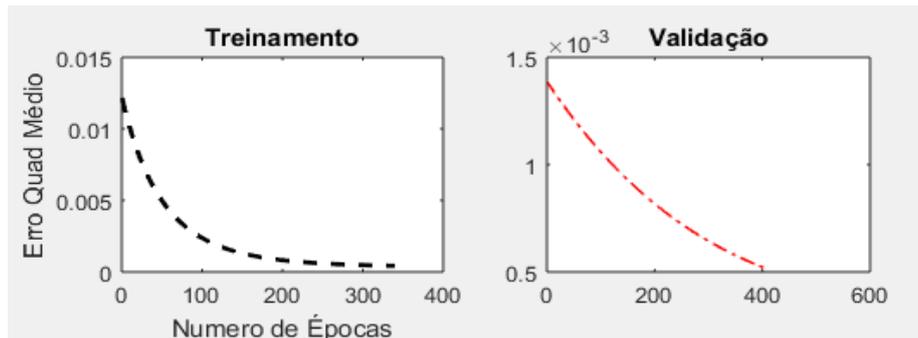
FONTE: (ZUBEN, 2013)

As análises dos dados foram feitas com base na forma simplificada de rede neural artificial – RNA. Com isso, os dados puderam ser ponderados durante o processo de treinamento. Desta forma, a cada mês, o Perceptron poderia identificar a taxa de radiação proposta pelo aprendizado e, assim, esteve a um nível aceitável em relação ao valor da taxa real, obtida pelos órgãos responsáveis pela coleta dos dados, tais como: Inmet, Funceme.

No período de agosto, a elaboração da rede neural artificial constitui-se de três camadas ocultas, onde em cada camada tinham-se três neurônios e uma saída. Pode-se verificar que no gráfico referente ao treinamento constatou que o número de épocas chegam aproximadamente a 350, enquanto o número de erro quadrático médio em torno

de 0,012. Depreende-se que a partir da escolha da função logarítmica, as variáveis escolhidas e arranjo do algoritmo, utilizadas na estrutura da RNA – Perceptron, ocorreu a convergência do gráfico, demonstrando que há aprendizagem da rede neural artificial. Da mesma forma, pode-se perceber no gráfico de validação.

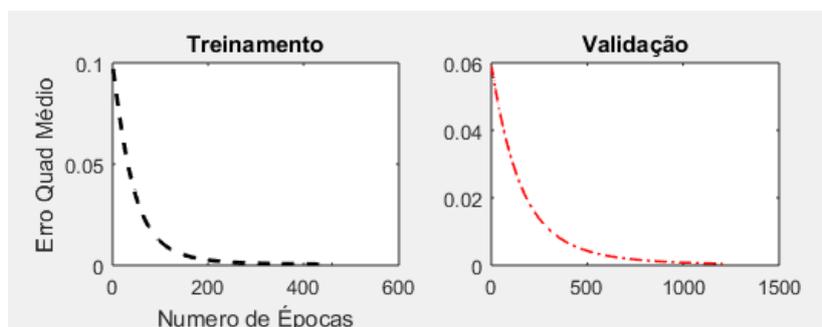
Gráfico 1 - Análise dos gráficos Treinamento e Validação - Mês Agosto.



FONTE: (AUTOR)

Com o intuito de verificar a rapidez da convergência no treinamento da RNA do mês de agosto em relação aos demais meses do segundo semestre dos anos em análise, a estrutura do código foi modificada. Desta forma, a fim de demonstrar pegou-se o mês de dezembro como modelo, pois os dados obtidos no mês de dezembro possuem valores aproximados dos meses de setembro a novembro. O mês de dezembro possui características semelhantes aos meses de setembro a novembro, pois as variáveis de entrada em estudo assumiram valores bem aproximados. Desta forma, para os meses de setembro a dezembro utilizaram uma nova estrutura no algoritmo da rede neural artificial – Perceptron. A nova estrutura da rede neural artificial proposta contém duas camadas ocultas com três neurônios em cada camada e uma saída de referência.

Gráfico 2: Análise dos gráficos Treinamento e Validação - Mês dezembro.



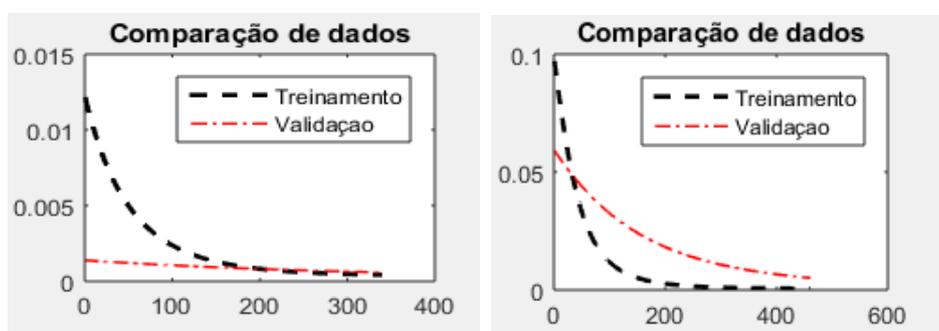
FONTE: (AUTOR)

Como o resultado esperado, a curva de convergência dos gráficos de treinamento e validação tem número de épocas 430 e 1250, respectivamente.

## CONCLUSÕES

A fim de comparar os resultados obtidos através dos gráficos percebe-se que tanto o treinamento quanto a validação dos dados estão convergindo rapidamente, ratificando os dados obtidos anteriormente através dos dados de Treinamento e validação para cada mês analisado.

Gráfico 3: Comparação de dados – (a) Mês de Agosto – (b) Mês dezembro.



FONTE: (AUTOR)

Infer-se que a estrutura quando é modificada ocorre, consideravelmente, mudança no valor do erro quadrático médio e o número de épocas.

À medida que se adicionam camadas ocultas e o número de neurônios por camada, a curva de convergência do gráfico tende com maior rapidez a aprendizagem da rede neural. Desta forma, apesar da mudança da estrutura da rede neural, pode-se verificar que ocorreu a aprendizagem da rede neural artificial – RNA – Perceptron.

## REFERÊNCIAS

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. [Online] <http://www.inmet.gov.br/>

MARTINEZ, W.; MARTINEZ, A. **Computational Statistics Handbook with MATLAB**, Chapman & Hall/CRC, 2002.

SILVA, IVAN NUNES DA. **Redes Neurais Artificiais: para engenharia e ciências aplicadas**. São Paulo: Artiber, 2010.

ZUBEN. **Rede MLP: Perceptron de Múltiplas Camadas**. Disponível em: <[ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ia353\\_1s13/topico4\\_P1\\_1s2013\\_view.pdf](ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ia353_1s13/topico4_P1_1s2013_view.pdf)>. Acesso em 21 de agosto de 2017.