

## Aplicação de Redes Neurais Artificiais na análise de sensibilidade de projetos de geração de energia eólica

Paulo Rotela Junior (Universidade Federal da Paraíba) [paulo.rotela@gmail.com](mailto:paulo.rotela@gmail.com)

Eugênio Afonso de Souza Fischetti (Universidade Federal da Paraíba) [eugenioasfischetti@gmail.com](mailto:eugenioasfischetti@gmail.com)

Victor Gonçalves Araújo (Universidade Federal da Paraíba) [victor.g.araujo@gmail.com](mailto:victor.g.araujo@gmail.com)

Giancarlo Aquila (Universidade Federal de Itajubá) [giancarlo.aquila@yahoo.com](mailto:giancarlo.aquila@yahoo.com)

Luiz Célio Souza Rocha (Instituto Federal do Norte de Minas Gerais) [luizrochamg@hotmail.com](mailto:luizrochamg@hotmail.com)

### Resumo:

A energia advinda do vento tem se tornado popular nos últimos anos, dado às preocupações ambientais e a busca por fontes alternativas de energia. Nesta perspectiva faz-se necessário estudos de viabilidade de projetos de geração de energia eólica, para que estes, além de atenderem às preocupações ambientais, também sejam um investimento rentável e atrativo. Assim, este artigo tem como objetivo realizar uma análise de sensibilidade para identificar as variáveis que mais influenciam na viabilidade de um investimento em energia eólica em empresas de pequeno porte no nordeste brasileiro. Para isso, será realizada uma análise estocástica de viabilidade e posteriormente serão aplicados modelos de RNA para identificação das variáveis mais relevantes. Através da sensibilidade pode-se verificar que os fatores que mais influenciam dentro da análise são a velocidade do vento, a tarifa de energia e o valor do investimento. Desta forma, pode-se concluir que, a viabilidade do investimento está diretamente ligada a região onde será instalado o aerogerador e aos incentivos governamentais em energia eólica que possibilitem uma redução no valor do investimento.

**Palavras chave:** Viabilidade econômica, VPL, redes neurais artificiais, projeto energia eólica, WACC.

## *Application of Artificial Neural Networks to sensitivity analysis of wind power generation projects*

### Abstract

*Wind power has grown popular past recent years, due to environmental issues and the search for alternative energy sources. In this point of view, the viability for wind power generation projects must be studied, in order to attend to the environmental concerns and still be attractive and profitable. Therefore, this article objectifies to perform a sensitivity analysis to identify the variables that influence the most in the viability of an investment in wind power, for small size companies in the brazilian northeast. For this, a stochastic analysis of viability will be made and afterwards, ANN models will be applied for identification of the most relevant variables. Through the sensitivity, it is seen that the most relevant factors in the analysis are the speed, the local power tariff and the investment amount. Thus, it comes to conclusion, that the viability of the investment is straight tied to the region where the wind turbine is installed and the governmental incentives for wind power that may allow to decrease the investment amount.*

**Keywords:** Economic viability, NPV, artificial neural networks, wind power project, WACC.

## 1. Introdução

Desde as décadas de 60 e 70, com a episódio da Crise do Petróleo, a situação dos níveis de recursos fósseis, principal fonte energética, se tornou alarmante, como consequência, neste mesmo período o setor de energia renovável atraiu mais investimento e maiores esforços para o progresso tecnológico a fim de desenvolver uma alternativa aos combustíveis fósseis (AQUILA, 2015; RINGEL, 2006).

Rocha *et al.* (2018) afirmam que energia renovável refere-se às formas de energia advindas naturalmente de maneira contínua e infinita, isto posto, sabe-se que muitos tipos de energia se enquadram nesta definição, como as que vêm diretamente do sol (à exemplo da fotovoltaica), vento, biomassa e do movimento de águas.

Neste contexto, a energia advinda do vento (eólica), objeto de estudo deste trabalho, tem sido difundida nos últimos anos, sobretudo devido às preocupações ambientais, pelo aumento do preço dos combustíveis fósseis e pelo desejo das nações de se tornarem independentes dos combustíveis estrangeiros (ERTÜRK, 2012).

Ainda, para Silva *et al.* (2013), a crise do fornecimento de eletricidade e os incentivos do governo brasileiro são características que podem atrair investidores para o setor de geração de energia eólica, assim, possibilitando o aproveitamento do elevado potencial eólico do Brasil.

Desta forma, fica evidente que há uma tendência de crescimento da utilização do potencial eólico brasileiro, nesta perspectiva faz-se necessário estudos de viabilidade de projetos de geração de energia eólica, para que este tipo de projeto, além de atender às preocupações ambientais, também sejam um investimento rentável e atrativo.

Assim, semelhante a trabalhos como de Li *et al.* (2013), Rocha *et al.* (2018) e Ertürk (2012) que fazem o estudo de viabilidade de projetos de geração de energia renovável, o presente trabalho aplica o método de Simulação de Monte Carlo (SMC) na análise de investimento deste projeto. Além disso, o presente artigo utiliza as Redes Neurais Artificiais (RNA) com o intuito de analisar a sensibilidade da viabilidade em função das variáveis do projeto, assim como proposto por Chakrabarty *et al.* (2013).

Em termos gerais, este artigo tem como objetivo realizar uma análise de sensibilidade para identificar as variáveis que mais influenciam na viabilidade de um investimento em energia eólica em empresas de pequeno porte no nordeste brasileiro. Para isso, será realizada uma análise estocástica de viabilidade e posteriormente serão aplicados modelos de RNA para identificação das variáveis mais relevantes.

## 2. Referencial teórico

### 2.1 Análise da viabilidade econômica

Existem vários métodos que avaliam a viabilidade financeira de investimentos, entretanto para análises de projetos de geração de energia o método do Valor Presente Líquido (VPL) é amplamente utilizado na literatura como principal indicador de viabilidade (ERTÜRK, 2012; LI *et al.*, 2013; HOLDERMANN *et al.*, 2014; ARNOLD e YILDIZ, 2015).

Neste sentido, Hawawini e Viallet (2009) afirmam que o VPL é um critério de decisão desejável por, além de outras propriedades, levar em conta todo o fluxo de caixa esperado do projeto, considerando seus riscos e por ser uma medida de criação de valor, desta forma, quando o resultado do valor presente líquido é maior que zero o projeto cria valor, ou seja, o investimento é viável.

O Valor Presente Líquido é descrito na seguinte Equação 1:

$$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1+TMA)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TMA)^n} \quad (1)$$

Dos quais:  $FC_0$  indica o investimento;  $FC_n$  representa o fluxo de caixa no período  $n$  e  $TMA$  indica a taxa mínima de atratividade, que representa o retorno mínimo que o investidor busca obter no investimento.

Isto posto, os fatores de risco para as receitas oriundas do investimento em projetos de energia renovável serão tratados como variáveis aleatórias (LI *et al.*, 2013), desta forma, a Simulação de Monte Carlo será utilizada para calcular o VPL, assim como sugere Arnold e Yildiz (2015). Esta retorna, através de simulações aleatórias, um modelo probabilístico que apresenta a probabilidade de viabilidade do projeto.

## 2.2 Custo médio ponderado de capital

O custo médio ponderado de capital (WACC) é o método que calcula a taxa de retorno de capital esperada pelos investidores aplicada no fluxo de caixa do projeto, desta forma, quanto menor o custo médio ponderado de capital maior será o valor do projeto, visto que a taxa de desconto reflete o custo de oportunidade em relação ao risco do investimento (HAWAWINI e VIALLET, 2009; ROSS, WESTERFELD e JORDAN, 2002; REICHELSTEIN e YORSTON, 2013; TAO e FINENKO, 2016).

De acordo com Ertürk (2012) o WACC é calculado a partir da Equação 2:

$$WACC = k_e E + k_d D(1-t) \quad (2)$$

Dos quais:  $k_e$  representa o custo de capital próprio (CAPM);  $k_d$  é o custo de capital de terceiros;  $E$  representa a proporção de capital próprio sobre o financiamento total;  $D$  expressa a proporção de capital de terceiros sobre o financiamento total;  $t$  é a alíquota do imposto de renda.

Notou-se que grande parte das empresas de capital aberto do setor de energia elétrica possuem a proporção de 35% de capital próprio e 65% de capital de terceiros. Nesse sentido, é justo a atribuição destes valores nas variáveis  $E$  e  $D$ , respectivamente, na Equação 2 (BM&FBOVESPA, 2017).

Ainda, Aquila *et al.* (2016) propõe a utilização da taxa de juros final do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) em projetos de geração de energia, este que possui valor de 11,33%, assim atribui-se este valor no custo de capital de terceiros ( $k_d$ ). Além disso, assumiu-se  $t$  como 34%, em coerência com o atual valor de impostos de renda no Brasil.

Com relação ao cálculo do CAPM, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2015) sugere que seja adicionado um fator de risco Brasil, para que o investidor no mercado brasileiro receba um prêmio pelo risco. Como pode ser visto na Equação 3:

$$k_e = R_f + \beta(R_m - R_f) + R_b \quad (3)$$

Dos quais:  $R_f$  representa a taxa de retorno dos ativos livres de risco (5,64%);  $R_m$  indica a taxa de retorno do mercado (13,20%);  $R_b$  representa o prêmio risco Brasil (2,62%) (ANEEL, 2015).

Além disso, o  $\beta$  representa o risco beta da ação e para calculá-lo utilizou-se a tabela de Damodaran (2017), a qual aponta o beta desalavancado do setor de energia renovável.

### 2.3 Redes neurais artificiais

As redes neurais artificiais (RNAs) são estruturas computacionais que possuem como princípio a representação dos processos biológicos, estas são compostas por unidades de processamento simples e possuem a capacidade de armazenar experiências e torná-las disponíveis para o usuário (ADYA e COLLOPY, 2008; HAYKIN 2009).

Bigdeli *et al.* (2013) e Bissacot (2015) afirmam que as RNAs perceptron de múltiplas camadas (MLP) compõem o modelo de redes neurais artificiais mais utilizados na literatura, neste modelo cada unidade calcula o produto escalar de seu vetor de entrada com o vetor de pesos relacionado a cada entrada. Quando disparado, o valor do produto escalar é utilizado como variável independente de uma função de ativação, na qual a variável dependente é a saída do neurônio, entretanto sabe-se que o MLP suporta mais de uma saída em seu mapeamento, visto que ele não possui restrição teóricas sobre os dados (BISSACOT 2015; CHAKRABARTY *et al.* 2013).

Na Figura 1 é apresentada a arquitetura de uma rede MLP:

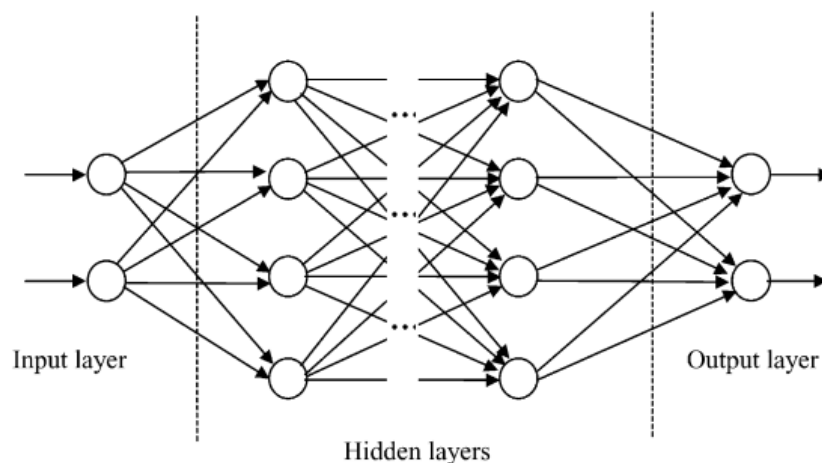


Figura 1: Representação de uma rede MLP. Fonte: ATA (2015).

Nesse contexto, o algoritmo de retropropagação, gradiente descendente, é amplamente utilizado na literatura para efetuar o treinamento da rede MLP, este busca aprender e corrigir os pesos de conexão, além de procurar minimizar os erros através dos ajustes das limiares de ativação (CHAKRABARTY *et al.*, 2013; ZHANG, PATUWO e HU, 1998; ATA, 2015).

Concebendo um modelo de rede MLP bem treinado ( $m \times n \times 1$ ), no qual  $m$  é o número de nós na camada de entrada,  $n$  são os nós da camada oculta, e 1 é o nó da camada de saída, as importâncias relativas das variáveis de entrada podem ser calculadas por meio da Equação 4 (COSTA *et al.*, 2013; CHAKRABARTY *et al.*, 2013).

$$RI_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^m |r_i|} \times 100\% \quad (4)$$

Para este cálculo, Chakrabarty *et al.* (2013), estipula alguns passos que devem ser seguidos, estes são:

1. O vetor,  $M (1 \times n)$ , deve ser organizado com os pesos de interconexão entre os nós das camadas ocultas ( $n$ ) e os nós das camadas de saída;
2. A matriz,  $W (m \times n)$ , deve ser organizada com os pesos de interconexão entre os nós das camadas de entrada ( $m$ ) e os nós das camadas ocultas ( $n$ );
3. Calcula-se o vetor  $R=MW^T$ , no qual  $R=[r_1, r_2, \dots, r_m]$ ;
4. Por fim, calcula-se a importância relativa ( $RI_i$ ), em percentual, de cada nó  $i$  da camada de entrada, por meio da Equação (5).

Após a conclusão destes passos, tem-se a importância relativa (RI) de cada parâmetro de entrada na variável de saída, com isso, será feita uma análise de sensibilidade destas variáveis.

### 3. Materiais e métodos

Esta pesquisa é classificada como de natureza aplicada, em relação aos objetivos é caracterizada como pesquisa exploratória, quanto à forma de abordagem é quantitativa, pois utilizou-se dados numéricos e cálculos para a solução do problema proposto. Quanto ao método de pesquisa é classificado como uma pesquisa de modelagem e simulação, visto que buscou-se reproduzir um sistema real por intermédio de um modelo computacional (PEREIRA, 2000).

O presente trabalho possui como proposta analisar a viabilidade econômica de um investimento que visa a instalação e produção de energia elétrica a partir de energia eólica em uma Empresa de Pequeno Porte (EPP). Para isto, assim como fez Rocha *et al.* (2018), escolheu-se uma região com alta velocidade do vento do nordeste brasileiro e com seus parâmetros de escala ( $c$ ) igual a 7,0 e forma ( $k$ ) igual a 3 na distribuição *Weibull*. A distribuição *Weibull* é amplamente utilizada na literatura como aquela que se melhor adequa ao comportamento da velocidade do vento em função do tempo (ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO, 2001).

Nesse contexto, o investimento baseia-se na compra de um aerogerador de 30 quilowatts, potência compatível com a necessidade de uma EPP. Assim, após pesquisa feita dentre várias empresas que fornecem este tipo de produto, priorizando os fornecedores do nordeste, estipulou-se R\$ 408.950,00 como valor médio do investimento. As especificações do aerogerador são: diâmetro de 13,2 metros e eficiência de 92%. Ainda, foi constatado que a vida útil deste tipo de produto é de 20 anos, então determinou-se 5% como taxa de depreciação, assim considera-se que o aerogerador estará totalmente depreciado ao fim dos 20 anos.

Ainda, para o cálculo da produção de energia anual utilizou-se a Equação 5 (ROCHA *et al.*, 2018):

$$AEP = 8,76x \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} P(v)f(v)dv \quad (kWh) \quad (5)$$

Sendo,  $v$  a velocidade do vento;  $P(v)$  a potência do aerogerador em função do vento e  $f(v)$  a função de densidade em relação ao vento. Além disso, conforme sugestão do mesmo trabalho, assumiu-se R\$ 0,45 como preço de venda de tarifa elétrica, ademais, em concordância com Holdermann *et al.* (2014) atribuiu-se um reajuste de 2,30% ao ano.

Em conformidade com ANEEL (2015), os impostos foram desconsiderados, pois produtores de energia renováveis são isentos de tributos proporcionais à receita. Porém, a taxa de financiamento atribuída foi de 11,33%, em conformidade às condições de financiamento ofertada pelo BNDES (AQUILA *et al.*, 2016).

Depois disso, com o intuito de atribuir incerteza na avaliação do projeto, fez-se a análise estocástica através da realização de 10.000 simulações, por meio da Simulação de Monte Carlo. Em seguida, fez-se a análise de sensibilidade para definir quais variáveis mais afetam o valor presente líquido. Para isto, utilizou-se das ferramentas *Microsoft Excel*® e *Crystal Ball*®.

Por fim, de posse dos resultados obtidos pelas simulações, utilizou-se estas variáveis para treinar a rede MLP e calcular a importância relativa de cada valor de entrada em relação a de saída (VPL). Destarte, fez-se uso dos *softwares Statistica*® e *Microsoft Excel*®.

#### 4. Resultado e discussões

O fluxo de caixa do projeto foi elaborado com base nos valores e distribuições conforme Tabela 1. Dessa forma, nota-se que foi aplicada a incerteza apenas nas variáveis de velocidade do vento, investimento e tarifa de energia, pois as restantes ou não se mostraram relevantes no cálculo do VPL ou são calculadas a partir das três escolhidas, como é o caso da produção de energia (ARAÚJO *et al.*, 2018).

Tabela 1: Representação do fluxo de caixa, seus valores e distribuições.

| Parâmetro              | Distribuição | Mínimo         | Provável       | Máximo         |
|------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Velocidade do vento    | Weibull      |                |                |                |
| Investimento           | Triangular   | R\$ 368.055,00 | R\$ 408.950,00 | R\$ 449.845,00 |
| Tarifa de energia      | Triangular   | R\$ 0,41       | R\$ 0,45       | R\$ 0,50       |
| Período (anos)         | Uniforme     |                | 20             |                |
| Ajuste anual da tarifa | Uniforme     |                | 2,30%          |                |
| WACC                   | Uniforme     |                | 10,29%         |                |
| Juros financiamento    | Uniforme     |                | 11,33%         |                |
| Depreciação            | Uniforme     |                | 5%             |                |
| Produção de energia    | Calculado    |                |                |                |

Fonte: Adaptado de Rocha *et al.* (2018).

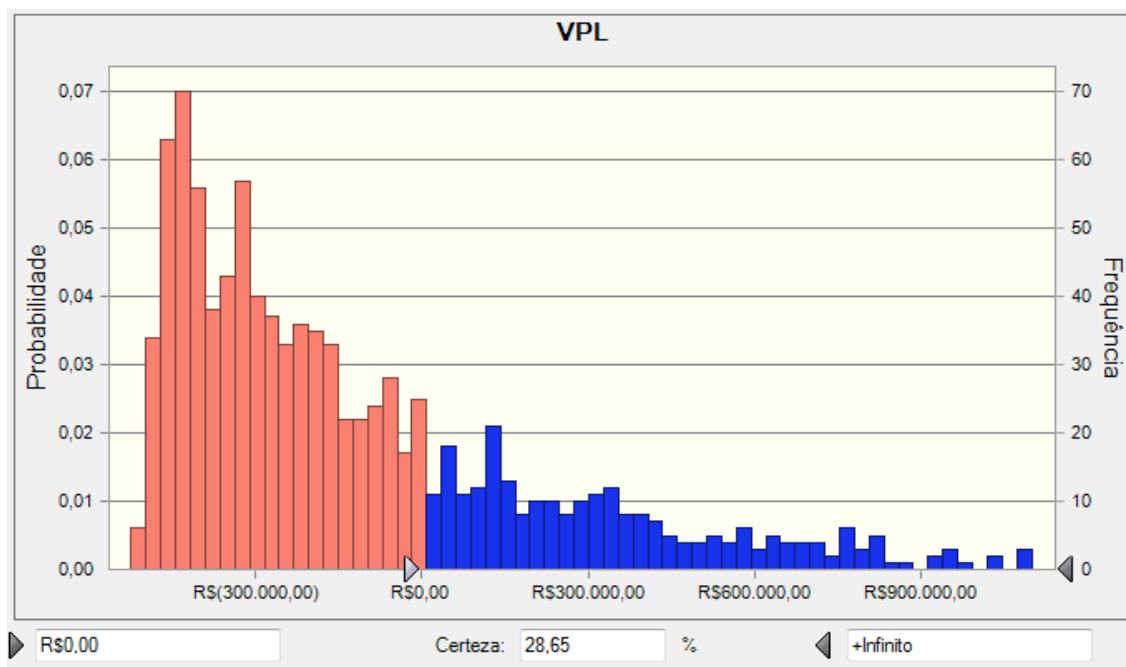


Figura 2: Probabilidade de Viabilidade.

Além disso, conforme Figura 2, vê-se que existe a probabilidade de 28,65% do VPL ser maior do que zero, isto é, que o projeto seja viável. Com isso, pode-se concluir que investimentos em geração de energia eólica têm probabilidade de viabilidade no nordeste brasileiro, porém este

pode não ser atrativo para investidores, visto que no cenário estudado ainda existe muita incerteza e baixo índice de probabilidade de viabilidade, assim como nos estudos de Rocha *et al.* (2018) e de Holdermann *et al.* (2014).

Nesse sentido, deve-se buscar saber sob quais variáveis o VPL é mais sensível, para isto se escolheu duas alternativas.

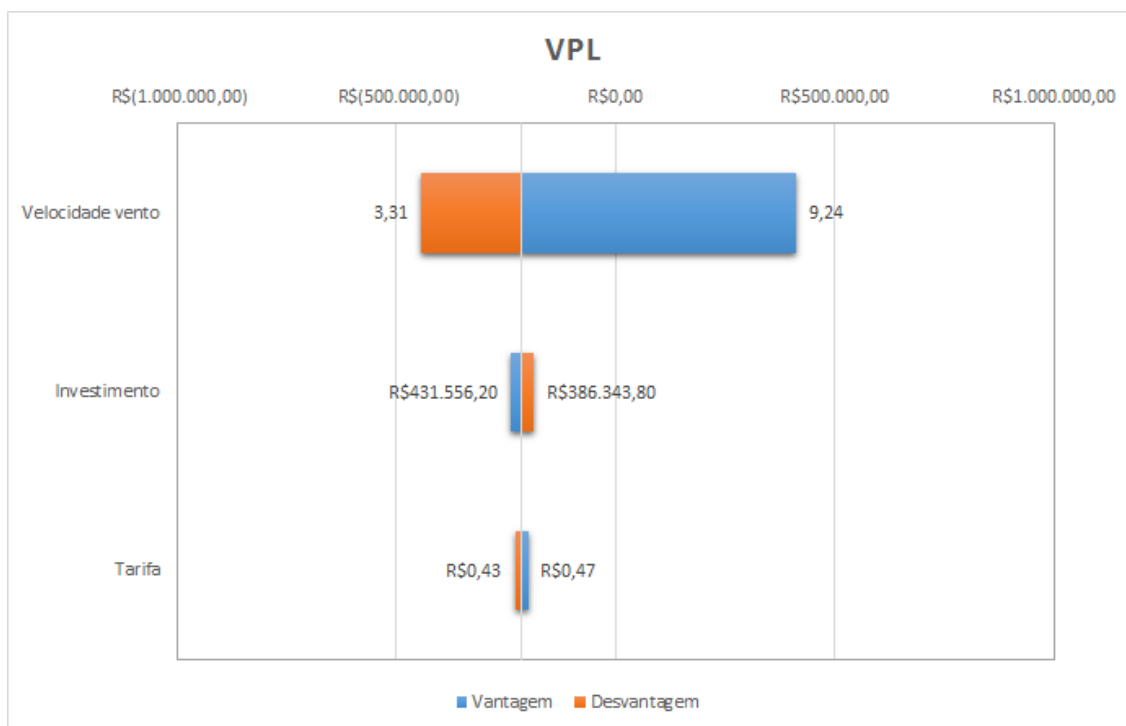


Figura 3 – Gráfico de tornado: análise de sensibilidade.

O gráfico de tornado, Figura 3, evidencia que a velocidade do vento é a variável que mais impacta o valor presente líquido e, por consequência, a viabilidade do projeto. Ainda, o valor do investimento e a tarifa de energia, mesmo que em escala bem menores, mostram significância no valor do VPL, estas que são variáveis de mais fácil adequação, pois estão relacionadas aos custos de produção, impostos, taxas de financiamentos entre outros. Nesse segmento, o governo brasileiro exerce fundamental importância, pois poderá promover tipos de incentivos monetários para este tipo de projeto a fim de torná-lo mais atrativo e rentável.

Ainda, calculou-se a importância relativa destas variáveis através das redes neurais artificiais (ver Tabela 2 e Figura 4), e, portanto, vê-se que existe consonância quanto à importância da velocidade do vento na viabilidade do projeto, porém a tarifa de energia mostrou-se com maior importância relativa que o investimento. Com isso, pode-se concluir que a velocidade do vento possui grande poder de influência no projeto enquanto o valor do investimento e a tarifa de energia possuem importância similar.

Tabela 2: Representação da importância relativa dos parâmetros sobre o valor do VPL

| Parâmetro           | Importância relativa |
|---------------------|----------------------|
| Velocidade do vento | 56%                  |
| Tarifa              | 27%                  |
| Investimento        | 17%                  |

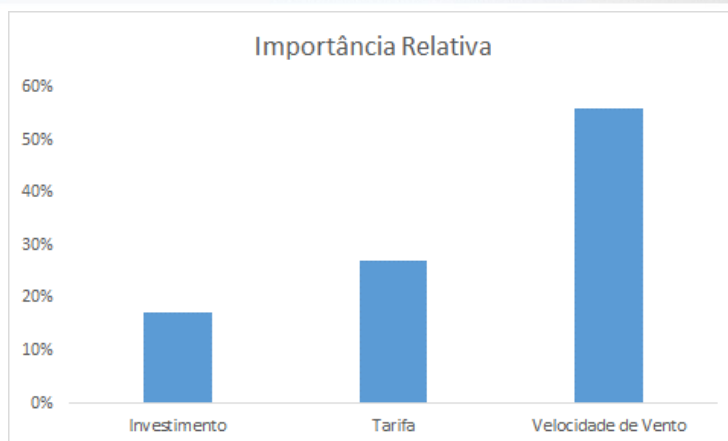


Figura 4 - Importância relativa: variáveis que mais impactam no VPL.

## 5. Conclusões

Neste trabalho, realizou-se uma análise de viabilidade econômica de um projeto de geração de energia elétrica a partir da energia eólica em uma EPP localizada na região nordeste. Para melhor analisar o investimento, optou-se por realizar a análise estocástica da viabilidade econômica e verificar quais variáveis possuem maior importância relativa no projeto. Por conseguinte, conclui-se que a velocidade do vento possui principal influência na problemática, seguida de importâncias similares entre o custo do investimento e a tarifa de energia.

Ademais, pode-se inferir que por ser diretamente relacionada com questões geográficas, a velocidade do vento é de difícil adequação, visto que está é totalmente inerente à localização do projeto. Desta forma, conclui-se que este parâmetro é impossível de ser controlado, porém pode-se elaborar estudos de previsão, a fim de antecipar as incertezas inerentes ao projeto.

Além disso, inferiu-se que o custo do investimento e a tarifa de energia podem tornar os investimentos em energia eólica mais atrativos, visto que estes possuem relação direta com as ações do governo, desta forma, programas de incentivos à produção de energia limpa que barateiam a compra dos aerogeradores e diminuem os impostos e taxas de financiamento podem tornar a produção de energia eólica mais rentável e atraente.

## Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq e CAPES pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.

## Referências

ADYA, M.; COLLOPY, F. *How Effective are Neural Networks at Forecasting and Prediction? A Review and Evaluation*. Journal of Forecasting, v. 17, p. 481–495, 1998.

ANEEL, 2015. *Nota Técnica nº 22/2015-SGT/ANEEL*, de 29 de janeiro de 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/023/resultado/nt\\_22\\_2015\\_sgt\\_custo\\_de\\_capital.df](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/023/resultado/nt_22_2015_sgt_custo_de_capital.df)> Acesso em: 05 abr. 2018.

AQUILA, G. *Análise do impacto dos programas de incentivos para viabilizar economicamente o uso de fontes de energia renovável*. 2015. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.

AQUILA, G.; ROCHA, L. C. S.; ROTELA JUNIOR, P.; PAMPLONA, E. O.; QUEIROZ, A. R.; PAIVA, A. P. *Wind power generation: An impact analysis of incentive strategies for cleaner energy provision in Brazil*. Journal of Cleaner Production, v. 137, n., p.1100-1108, 2016.

**ARAÚJO, V. G.; FISCHETTI, E.A.S.; LACERDA, S.L.; ROTELA JUNIOR, P.; BESSA, L.O.F.** *Análise de viabilidade econômica de projetos de geração de energia eólica para micros e pequenas empresas do Rio Grande do Norte.* ENEGEP 2018. No prelo.

**ARNOLD, U.; YILDIZ Ö.** *Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures and a Monte Carlo Simulation approach.* Renewable Energy, v. 77 2015.

**ATA, R.** *Artificial neural networks applications in wind energy systems: a review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 49, 2015.

**ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO, 2001.** Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasil.iro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasil.iro.pdf)> Acesso em: 05 mai. 2018.

**BIGDELI, N.; AFSHAR, K. GAZAFROUDI, A.; RAMANDI, M.** *A comparative study of optimal hybrid methods for wind power prediction in wind farm of Alberta, Canada.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 27, 2013.

**BISSACOT, A. C.G.** *Estudo Comparativo entre Regressão Logística Binária e Redes Neurais Artificiais na Avaliação dos Resultados Clássicos de Hosmer, Lemeshow e Sturdivant.* 2015. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.

**BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS.** Disponível em: <[http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

**CHAKRABARTY, S.; BOKSH, F.; CHAKRABORTY, A.** *Economic viability of biogas and green self-employment opportunities.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 28, 2013.

**COSTA, S.P.; LIMA, F.R.; LAPA, C.M.F, MÓL, A.C.; LIRA, C.A.** *The artificial neural network used in the study of sensitivities in the IRIS reactor pressurizer.* Progress in Nuclear Energy, v.69, 2013.

**DAMODARAN, A., 2017.** *Betas by Sector (US),* Janeiro 2017. Disponível em: <[http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)>. Acesso em: 01 dez. 2017

**ERTÜRK, M.** *The evaluation of feed-in tariff regulation of Turkey for onshore wind energy based on the economic analysis.* Energy Policy, [s.l.], v. 45, p.359-367, jun. 2012.

**HAWAWINI, G.; VIALLET, C.** *Finance for Executives: Managing for Value Creation.* 4. ed. South-western Cengage Learning, 2009. 190-334 p.

**HAYKIN, S.** *Neural Networks and Learning Machines,* 3 ed., New Jersey: Prentice Hall, 2009.

**HOLDERMANN, C.; KISSEL, J.; BEIGEL, J.** *Distributed photovoltaic generation in Brazil: an economic viability analysis of small-scale photovoltaic systems in the residential and commercial sectors.* Energy Policy 2014; p. 67:612.

**LI, C.-B.; LU, G.-S.; WU, S.** *The investment risk analysis of wind power project in China.* Renewable Energy, v. 50, 2013.

**PEREIRA, I. C.** *Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes.* 2000. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajuba.

**REICHELSTEIN, STEFAN; YORSTON, MICHAEL.** *The prospects for cost competitive solar PV power.* Energy Policy, v. 55, p.117-127, 2013

**RINGEL M.** *Fostering the use of renewable energies in the European Union: the race between feed-in tariffs and green certificates.* Renewable Energy, v.31, p.1-17, 2006.

**ROCHA, L.C.; AQUILA, G.; ROTELA JUNIOR, P.; PAIVA, A.; PAMPLONA, E.; BALESTRASSI, P. A** *stochastic economic viability analysis of residential wind power generation in Brazil.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v 90. 2018.

**ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D.** *Fundamentals of Corporate Finance.* 6. ed. Mcgraw-hill H I Gher Education, 2002. 104-337 p.



## VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

**SILVA, N. F.; ROSA, L. P.; FREITAS, M. A. V.; PEREIRA, M. G.** *Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 22, p. 686–697, 2013.

**TAO, J. Y.; FINENKO, A.** *Moving beyond LCOE: impact of various financing methods on PV profitability for SIDS.* Energy Policy, 2016.

**ZHANG, G.; PATUWO, B. E.; HU, M. Y.** *Forecasting with artificial neural networks: The state of the art.* International Journal of Forecasting, v. 14, p. 35–62, 1998.