

DIMENSIONAMENTO UM SISTEMA EÓLICO ISOLADO PARA CASAS POPULARES

MARIA EDUARDA DE OLIVEIRA SALES^{1*}; GABRIEL DA SILVA BELÉM²;
GERÔNIMO BARBOSA ALEXANDRE³

¹Discente de Engenharia Elétrica, Bolsista FACEPE, IFPE, Garanhuns-PE, duda.oli.sales@gmail.com;

² Discente de Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns - PE, gabrielsbgr@gmail.com;

³M.Sc. em Engenharia Elétrica, Prof. EBTT, IFPE, Garanhuns-PE, geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho objetivou apresentar a metodologia de dimensionamento de um sistema eólico isolado de pequeno porte para casas populares na cidade de Garanhuns-PE. Na metodologia foi utilizada a previsão de cargas de uma residência sem usuários e a fatura de uma residência popular com usuários sendo considerado o consumo de uma família padrão (marido, esposa e dois filhos). O projeto do arranjo consiste em: estudo dos ventos, memorial de cálculos, memorial descritivo, lista de material e orçamento, diagrama unifilar, estrutura mecânica de sustentação e anotação de responsabilidade técnica. Para automação dos resultados foram construídas planilhas dinâmicas de cálculos e o uso de softwares de dimensionamento gratuito. Os resultados demonstraram que a instalação do arranjo eólico em casas populares é viável e que um projeto básico pode ser elaborado para todas as casas populares de fácil instalação e padronizado para a licitação da empresa de serviços de execução.

PALAVRAS-CHAVE: Energia eólica, projeto elétrico, consumidor baixa renda, eficiência.

DIMENSIONING A WIND SYSTEM ISOLATED FOR POPULAR HOUSES

ABSTRACT: This study aimed to present the design methodology of a small isolated wind system for public housing in the city of Garanhuns-PE. In the methodology, it was used the forecast of loads of a residence without users and the invoice of a popular residence with users being considered the consumption of a standard family (husband, wife and two children). The arrangement of the project consists of: study of the winds, memorial calculations, descriptive memorial, material list and budget, line diagram, mechanical structure of support and technical responsibility annotation. Dynamic spreadsheets for calculations and the use of free sizing software were built for the automation of the results. The results showed that the installation of wind power arrangement in public housing is feasible and that a basic design can be developed for all public housing for easy installation and standardized for the bidding of execution services company.

KEYWORDS: Wind energy, electrical design, low-income consumers, efficiency.

INTRODUÇÃO

Sistemas eólicos podem ser aplicados basicamente em três tipos de aplicação: sistemas isolados, sistemas conectados com a rede elétrica e usinas eólicas. Qualquer que seja a aplicação se faz necessário o correto dimensionamento dos componentes que compõe o arranjo eólico, o dimensionamento irá informar para o cliente o número de aerogeradores, a área ocupada, a potência instalada, a estimativa de produção de energia elétrica, o quantitativo de equipamentos e o custo do empreendimento. A integração da microgeração ao sistema de distribuição de energia é concedida pela empresa de distribuição local, sendo particular a cada estado da federação.

O projeto de um sistema eólico de pequeno porte é composto da memória de cálculo e descritiva, das listas de materiais e os diagramas elétricos (desenhos 2D – 3D), bem como o registro nos órgãos competentes. Já as etapas de montagem, comissionamento e integração ao sistema energético são realizadas após o projeto, devendo ser bem executadas para o funcionamento correto e

eficaz da instalação elétrica. A metodologia de projeto proposta foi avaliada para casas populares no município de Garanhuns – PE pelo consumo mensal do consumidor residencial monofásico.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia proposta para dimensionamento de um projeto eólico isolado de pequeno porte consiste na execução das etapas.

Dimensionamento do arranjo eólico (Detalhamento em HANSEN, 2004; CRESESB, 2018 e PUC-RS, 2018)

Primeiramente para o dimensionamento do arranjo foi feito o levantamento através do site do INMET a respeito da velocidade dos ventos na cidade de Garanhuns, sendo uma informação de suma importância para dimensionar foram às especificações técnicas de alguns aerogeradores de eixo horizontal e o escolhido por possuir uma maior área de varredura foi Southwest windpower.

Para tornar o processo de dimensionamento dinâmico foi criada uma planilha no Excel que partir da informação do consumo médio de energia de um determinado consumidor, da velocidade média dos ventos na cidade que será instalado o projeto que no caso em estudo é a cidade de Garanhuns e da especificação da área de varredura do aero que será utilizado ela informa os dados necessários para o arranjo eólico.

As equações seguintes que norteiam o dimensionamento do arranjo eólico isolado (quantitativo). A princípio deve ser conhecido o consumo dos últimos 12 meses de consumo;

$$C_{m\u00e9dio} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Consumo mensal}}{12 \text{ meses}} \quad (1)$$

$$P_{m\u00e9dia} = \frac{C_{m\u00e9dio}}{\frac{30 \text{ dias}}{\text{dia}}} \quad (2)$$

Onde: $C_{m\u00e9dio}$ = Consumo M\u00e9dio (kW/m\u00eas); $P_{m\u00e9dia}$ = Pot\u00eancia M\u00e9dia (kW/dia).

O valor de pot\u00eancia m\u00e9dia di\u00e1ria servir\u00e1 para nos informar qual a pot\u00eancia dos ventos que deve ser gerada a partir das condi\u00e7\u00f5es de consumo e o quantitativo de aerogeradores que ser utilizado.

$$P_{gerada} = \frac{P_{m\u00e9dia}}{15 \text{ hora}} \quad (3)$$

$$P_{gerada} = \frac{P_{m\u00e9dia}}{C_p * \eta_g * \eta_i * \eta_m * \eta_c}$$

Onde: C_p : Coeficiente de pot\u00eancia; η_m : Efici\u00eancia do sistema de transmiss\u00e3o; η_c : Rendimento do controlador; η_g : Efici\u00eancia do gerador de \u00edm\u00e3 permanente; η_i : Rendimento do inversor.

A partir da pot\u00eancia m\u00e9dia descobrimos a \u00e1rea de varredura que deve ser coberta por cada aerogerador,

$$\hat{A}rea \text{ Varredura} = \frac{P_{gerada}}{0,5 * \rho * V^3} \quad (4)$$

Sendo o n\u00famero de aerogeradores a raz\u00e3o entre a \u00e1rea que deve ser varrida, de acordo com a pot\u00eancia que se deve fornecer, e a \u00e1rea de varredura do aero que se ir\u00e1 utilizar definida pelo fabricante.

$$N^\circ \text{ Aero} = \frac{\hat{A}rea \text{ Varredura}}{\hat{A}rea \text{ fabricante}} \quad (5)$$

Para dimensionar o controlador de carga precisamos mensurar a sua corrente para isso devemos considerar a pot\u00eancia gerada considerando o aerogerador que se est\u00e1 utilizando.

$$P_{ventos} = A * \rho * C_p * \eta_g * \eta_i * \eta_m * \eta_c * V^3 * N^\circ \text{ de Aero} \quad (6)$$

O valor da pot\u00eancia gerada mudar\u00e1 de acordo com cada m\u00eas. Assim consideramos o caso no qual a pot\u00eancia gerada \u00e9 obtida a partir do pior caso da velocidade.

$$\text{Controlador (A)} = \frac{P_{ventos}}{24 V_{CC}} \quad (7)$$

Para dimensionamento do banco de baterias vamos considerar a potência que deve ser suprida na residência, mais o banco reserva que será 50% do armazenamento total.

$$mAh = \frac{P_{ventos}}{\frac{(12 * 0,83)}{0,90}} + \left(\left(\frac{P_{ventos}}{\frac{(12 * 0,83)}{0,90}} \right) * 0,50 \right) \quad (8)$$

Onde: 12 V_{CC} é a tensão gerada, 83% é a eficiência do inversor, 90% é a profundidade de descarga da bateria e os 50% estamos considerando uma reserva para a bateria.

A escolha do inversor é dada pela potência que deve ser suprida pelo arranjo, ou seja, pela potência gerada.

$$P_{inversor} = P_{vento} \quad (9)$$

O disjuntor é dimensionado a partir da corrente do controlador considerando um valor de 20% a mais.

$$Disjuntor (A) = Corrente controlador * 1,2 \quad (10)$$

Já o fusível é dimensionado também a partir da corrente do controlador de carga, porém esse é considerando um valor de 15% a mais.

$$Fusível (A) = Corrente controlador * 1,15 \quad (11)$$

O diâmetro do cabo dependerá da distância a qual o arranjo está dos dispositivos de gestão de energia da corrente de projeto, como estes dados acessa-se a Tabela específica para a determinação da bitola.

Memorial Descritivo

Após dimensionar o projeto é de fundamental importância à elaboração de um memorial descritivo nele estará descrito o detalhamento de todas as fases e materiais utilizados no projeto. Este documento serve de base para a compra de materiais e para a execução da obra. Logo para um projeto elétrico é fundamental informações como: dados do cliente; equipamentos que serão utilizados; materiais que foram dimensionados para o arranjo eólico; mão de obra; duração do serviço e juntamente a todas as informações quanto cada etapa custará monetariamente, pois é de extrema importância esse valor bem definido para o estudo de viabilidade do projeto.

Viabilidade econômica (Detalhamento em ABREU, 1982 e ASSAF, 1885)

A viabilidade financeira do empreendimento pode ser determinada usando os métodos payback simples, payback descontado, custo / benefícios, ROIC, VPL e TIR.

O Payback Simples é o tempo necessário para que os fluxos de caixa acumulados recuperem o investimento inicial.

$$Payback Simples = \frac{Investimento Inicial}{Média do retornos nos períodos} \quad (12)$$

O payback descontado é o período de tempo necessário para recuperar o investimento, avaliando-se os fluxos de caixa descontados, ou seja, considerando-se o valor do dinheiro no tempo. Porém considerando o mesmo exemplo que foi utilizado para o payback simples temos o seguinte tempo de retorno: a intenção é saber qual n irá zerar a equação nos dizendo assim em que período foi saldado o investimento.

$$Payback Descontado = Investimento Inicial + \sum_{i=1}^n \frac{Retorno no período}{(1+taxa)^i} = 0 \quad (13)$$

O Valor Presente Líquido (VPL) é o método que tem como objetivo calcular o valor presente de uma sucessão de pagamentos futuros, deduzindo uma taxa de custo de capital.

$$VPL = -\frac{PV_0}{(1 + taxa)^0} + \sum_{i=1}^n \frac{FV_n}{(1 + taxa)^i} \quad (14)$$

Onde: $PV_0 = Investimento\ inicial$; $FV_n = Retorno\ no\ período$.

A Taxa de Retorno (TIR) é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento que no caso é o valor presente com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa gerados em cada período do projeto. Com ela podemos analisar até que taxa o projeto em questão continua sendo viável ao investidor.

$$VPL = 0 = -Invinstimento\ inicial + \sum_{i=1}^n \frac{Retorno\ no\ período}{(1+TIR)^i} \quad (15)$$

O método Benefício/Custo é um indicador que relaciona os benefícios de um projeto ou proposta e o seus custos em termos monetários. Sendo calculado pela expressão,

$$R_I = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1+taxa)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+taxa)^i}} \quad (16)$$

Onde: $R_I = Razão\ benefício/custo\ atualizado\ à\ taxa\ mínima\ de\ atratividade$;
 $B_i = Benefício\ na\ data\ i$; $C_i = Custo\ na\ data\ i$.

ROIC do inglês *return on investment*, o retorno sobre investimento é a relação entre a quantidade de dinheiro ganho ou perdido como resultado de um investimento e a quantidade de dinheiro investido.

$$ROIC = \frac{Lucro\ Líquido\ total - investimento}{Capital\ Investido\ total} \quad (17)$$

Fatura

Para o projeto que tomamos como exemplificação o investimento inicial foi de R\$ 6.663,03 sendo a economia mensal estabelecida a partir da consideração do pior consumo mensal do exemplo que foi de 125kW/hora, sendo R\$ 0,66 o valor do kWh estabelecido pela Celpe no ano de 2017, consideramos que o proprietário do projeto terá uma economia mensal de R\$ 80,00 totalizando um valor anual de R\$ 960,00.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor inicial do investimento foi feito considerando os dados obtidos a partir da planilha dinâmica e os preços para compor o memorial de cálculo foram os valores mais em conta pesquisados no mês de Fevereiro de 2018. E para as condições descritas aplicando os cálculos de viabilidade tivemos os seguintes resultados.

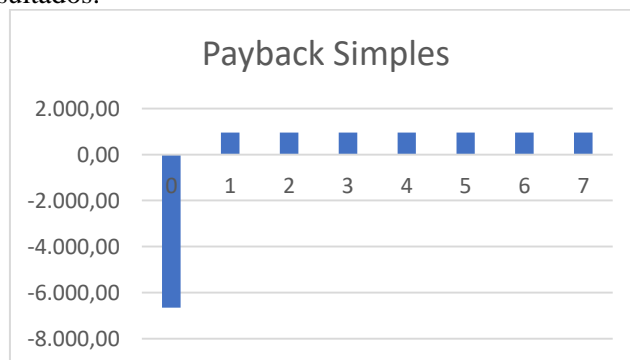


Figura 1 – Payback simples para o empreendimento.

O investimento foi liquidado em um tempo de 7 anos, sabendo também que um pouco antes do início do sétimo ano o investidor já passou a ter retorno sobre o investimento feito.

De acordo com o conceito de Payback tanto o simples como o descontado, o projeto paga-se dentro do tempo de vida útil estimado do arranjo que são 25 anos.

Quando aplicamos a fórmula de VPL obtivemos um saldo positivo esse fator mostra a viabilidade do projeto em termos financeiros. Pois ao longo do período de vida útil do arranjo mesmo com a desvalorização do dinheiro o investimento pagou-se.

O Resultado da TIR que obtivemos para esse projeto de 13,84% isso quer dizer que até essa taxa o projeto continua viável.

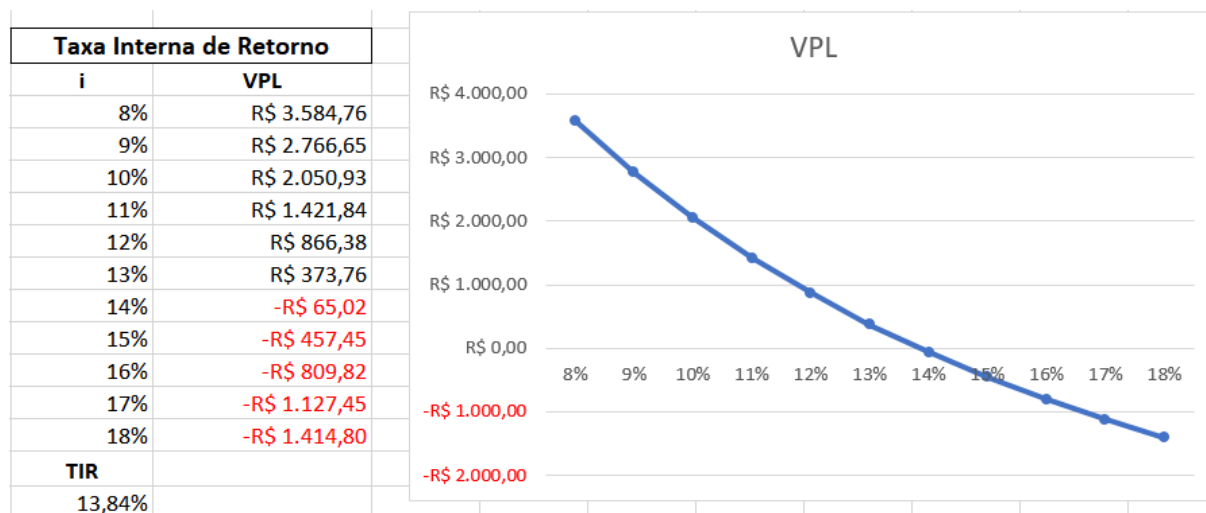


Figura 2 – TIR para o empreendimento.

O fator Benefício custo também mostra a viabilidade, pois para a razão obtivemos um valor de 1,29 sendo fatores maiores que 1 viável o investimento e para o ROIC o retorno foi de 2,60% a.a.

CONCLUSÃO

A metodologia proposta para projetos (dimensionamento) de sistemas eólicos isolados mostrou-se eficiente e confiável quando avaliada a uma unidade consumidora residencial (consumo médio de 300 kWh/mês), no comparativo com outras ferramentas computacionais e no projeto de várias unidades de consumo (consumidores monofásicos, bifásicos e trifásicos).

Os resultados da aplicação da metodologia proposta mostraram-se confiável e viável a instalação do sistema eólico para o consumidor monofásico estudado, considerando que a vida útil do projeto seja de 25 anos e que seja realizado uma manutenção preventiva e periódica a cada dois anos, o investimento será amortecido em 7 anos, gerando lucro para o investidor, se consideramos redução dos impostos (incentivos fiscais), o investimento inicial será depreciado em 5,5 anos no caso não haver impostos e em 6 anos caso fosse reduzido à carga de impostos pela metade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da FACEPE, Fundação de Amparo ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado de Pernambuco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, Paulo F. SIMAS P. de & STEPHAN, Christian. Análise de Investimentos. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1.982.
- ASSAF NETO, Alexandre & MARTINS, Eliseu. Administração Financeira. São Paulo, Atlas, 1.985.
- CRESESB, “Sistema de Geração Eólica”, Acesso em: 23/05/2018,
Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=391
- HANSEN, A. D. et al.: “Review of Contemporary Wind Turbine Concepts and Their Market Penetration”, Wind Engineering, Vol. 28, N° 3, 2004.
- Notas de Aula, PUC-RS. “Sistemas eólicos para injeção na rede elétrica”. Acesso em: 25/05/2018.
Disponível em: www.daviddarlin.info.