

JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)

Collection:

APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)

Collection:

APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied electrical engineering / Organizadores
João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-858-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.585222801>

1. Electrical engineering. I. Dallamuta, João
(Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III.
Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é portando pesquisar em uma gama enorme de áreas, subáreas e abordagens de uma engenharia que é onipresente em praticamente todos os campos da ciência e tecnologia.

Neste livro temos uma diversidade de temas, níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A MODEL BASED DESIGN APPROACH FOR KNOCK CONTROL IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES USING MACHINE LEARNING

Eduardo Vieira Falcão

Vinicius Mafra Melo

Péricles Rezende Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228011>

CAPÍTULO 2..... 15

DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL TOOL FOR DIMENSIONING AND ANALYZING THE ECONOMIC FEASIBILITY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS


David Coverdale Rangel Velasco

Elivandro Tavares Lôbo

Welder Azevedo Santos

Wagner Vianna Bretas


Rodrigo Martins Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228012>

CAPÍTULO 3..... 21

OTIMIZAÇÃO DE OPERAÇÕES MODULARES ATRAVÉS DO USO DE PSEUDO-MÓDULOS

Augusto Cezar Boldori Vassoler

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228013>


CAPÍTULO 4..... 33

OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA USANDO SIMULAÇÃO MATEMÁTICA E TESTES EXPERIMENTAIS

Eduardo G. Silva

Alexandre S. Caporali

Cesar da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228014>

CAPÍTULO 5..... 49

MAPAS COGNITIVOS FUZZY DINÂMICOS ADAPTATIVOS APLICADOS EM PROCESSO INDUSTRIAL

Márcio Mendonça

Francisco de Assis Scannavino Junior

Wagner Fontes Godoy

Lucas Botoni de Souza

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Fábio Rodrigo Milanez

Carlos Alberto Paschoalino


Michele Eliza Casagrande Rocha

Vicente de Lima Gongora

Ricardo Breganon

Marcio Aurélio Furtado Montezuma

Emanuel Ignacio García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228015>


CAPÍTULO 6..... 61

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE FILTROS PROBABILÍSTICOS EMPREGADOS NA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO EM ROBÓTICA MÓVEL

José Lucas Araújo dos Santos

Luciano Buonocore

Luiz Eugênio Santos Araújo Filho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228016>

CAPÍTULO 7..... 74

EFFECTO DE LA IMPLANTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ESPAÑOLA

Paula Romo Santos

Begoña Lapeña Barrio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228017>

CAPÍTULO 8..... 90

INSTALAÇÃO DE MEDIÇÃO NOS ALIMENTADORES DAS SUBESTAÇÕES

Adalberto Leandro da Silva

Fabio Coelho de Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228018>

CAPÍTULO 9..... 106

PROJETO DE OUVIDORIA DA DISTRIBUIÇÃO DA EDP SÃO PAULO – ANÁLISE DE DEMANDA DE MAIOR IMPACTO

Márcia Lúcia Lopes de Souza Jesus

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228019>

CAPÍTULO 10..... 114

DIAGNÓSTICO, CRESCIMENTO E ATENUAÇÃO DE RISCOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM FAVELAS

Márcio Mendonça

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Fábio Rodrigo Milanez

Wagner Fontes Godoy

Rodrigo Henrique Cunha Palácios

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Carlos Alberto Paschoalino


Francisco de Assis Scannavino Junior

Vicente de Lima Gongora

Lucas Botoni de Souza

Michele Eliza Casagrande Rocha


José Augusto Fabri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280110>

CAPÍTULO 11..... 127

ANÁLISE COMPARATIVA DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM UMA EDIFICAÇÃO DA CIDADE DE PORTO VELHO - RO


Angelina Lidiane Moura Cunha
Felipe Alexandre Souza da Silva
Antonio Carlos Duarte Ricciotti
Viviane Barrozo da Silva
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280111>

CAPÍTULO 12..... 140

O DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM PALMAS - TO: ANÁLISE EM FUNÇÃO DO PONTO CARDEAL E VARIAÇÃO ANGULAR DAS PLACAS


Aline Silva Magalhães
Jabson da Cunha Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280112>

CAPÍTULO 13..... 153

SIMULADOR DE CARGA UTILIZANDO MECANISMO DE FRENAGEM ELETROMAGNÉTICA PARA ENSAIOS DE COMPORTAMENTO DE MÁQUINAS ASSÍNCRONAS


Murilo Meneghetti Caramori
Alexandre Dalla Rosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280113>

CAPÍTULO 14..... 184

PROPOSTA DE GEOMETRIAS DE NÚCLEOS USADOS EM ACOPLAMENTOS DE SISTEMAS ATRAVÉS DO FLUXO MAGNÉTICO

Lucas Lapolli Brighenti
Walbermark Marques Dos Santos
Denizar Cruz Martins


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280114>

CAPÍTULO 15..... 198

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS EM BORRACHA DE ESTIRENO-BUTADIENO (SBR) PARA DIFERENTES SISTEMAS DE VULCANIZAÇÃO

Harison Franca do Santos
Arthur Pimentel de Carvalho
Carlos Toshiyuki Hiranobe
Eduardo Roque Budemberg
Gabriel Deltrejo Ribeiro
Giovanni Barrera Torres
Jose Francisco Resende
Leonardo Lataro Paim
Leandra Oliveira Salmazo
Miguel Ángel Rodríguez Pérez

Renivaldo José dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280115>

SOBRE OS ORGANIZADORES	210
ÍNDICE REMISSIVO.....	211

DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL TOOL FOR DIMENSIONING AND ANALYZING THE ECONOMIC FEASIBILITY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 01/12/2021

David Coverdale Rangel Velasco

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/9356476964884212>

Elivandro Tavares Lôbo

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3664388491683265>

Welder Azevedo Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8847175700677292>

Wagner Vianna Bretas

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0842599717842402>

Rodrigo Martins Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/9013009708304943>

ABSTRACT: The economic viability of photovoltaic energy depends on several factors such as associated costs, energy tariffs, capital

cost, energy consumption and production. Aiming to provide a tool that makes it possible to assess the potential of photovoltaic energy in a generic way for different regions and that it is possible to easily change the calculation assumptions, an electronic spreadsheet was developed. The development of this spreadsheet was carried out using Microsoft Excel and programming in Visual Basic for Applications (VBA). Through this spreadsheet, it was possible to simulate several scenarios estimating the annual Internal Rate of Return (IRR), specific Net Present Value (NPV) and Discounted PayBack (DPB). The IRR and NPV were calculated using Excel's native functions, with the specific NPV being the ratio between the NPV and the investment made. The PBD was calculated through a function created through VBA.

KEYWORDS: PHOTOVOLTAIC ENERGY, ELECTRONIC SPREADSHEET, ECONOMIC FEASIBILITY.

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

RESUMO: A viabilidade econômica da energia fotovoltaica depende de diversos fatores como custos associados, tarifas de energia, custo de capital, consumo e produção de energia. Visando proporcionar uma ferramenta que possibilite avaliar o potencial da energia fotovoltaica de forma genérica para diversas regiões e que seja possível alterar facilmente as premissas de cálculo foi desenvolvida uma planilha eletrônica.

O desenvolvimento desta planilha foi realizado por meio do Microsoft Excel e programação em Visual Basic for Applications (VBA). Por meio desta planilha foi possível simular diversos cenários estimando a Taxa Interna de Retorno (TIR) anual, Valor Presente Líquido (VPL) específico e PayBack Descontado (PBD). A TIR e VPL foram calculados por meio de funções nativas do Excel, sendo o VPL específico a razão entre o VPL e o investimento realizado. Já o PBD foi calculado por meio de uma função criada por meio do VBA.

PALAVRAS-CHAVE: ENERGIA FOTOVOLTAICA, PLANILHA ELETRÔNICA, VIABILIDADE ECONÔMICA.

1 | INTRODUCTION

In Brazil, solar photovoltaic and wind energy are the fastest growing energy sources, respectively 92% and 15% between 2018 and 2019[1]. Since 2012, through ANEEL regulation 482 it is possible to generate energy in this way and reduce the amount paid for energy to the minimum rate through a compensation system. One of the types of photovoltaic solar energy generation is distributed generation, normally carried out by means of small generators and from renewable sources, close to consumer units. In this system, the excess of generated energy is stored in the concessionaire's network and remains as a balance for the consumer when there is a need to withdraw energy from the network[2]. According to the Brazilian Association of Photovoltaic Solar Energy (ABSOLAR), micro and mini distributed generation tripled between July 2019 and June 2020, growing by 45% even during the pandemic period[3-4].

The generation of electrical energy through photovoltaic modules is influenced by parameters that vary depending on the geolocation of installations, such as received irradiation and temperature. In this way, each technology has a respective efficiency depending on where it will be installed[5]. In addition to the performance of the modules, there are other variables that affect the feasibility of investing in a photovoltaic system, some of which are specific, regional and national.

This work proposes to create a spreadsheet that scales and assesses the potential for using photovoltaic energy, according the Brazilian specifics. This worksheet requires the following variables to be informed: time to start generation; Discount Rate (DR); operation and maintenance cost; disaggregation of photovoltaic modules; annual yield of photovoltaic modules; type of connection; energy consumed per month; tariff flag used in the simulation: green, yellow, red or a weighted average according to a history; tariff values referring to the brands; database with prices of photovoltaic systems; federal tax rate, Social Integration Program (PIS) and Contribution to Social Security Financing (COFINS); Tax rate on the Circulation of Goods and Services (ICMS) or formula that allows estimating the same for a given state.

2 | MATERIALS AND METHODS

The spreadsheet developed in this work was developed using Microsoft Excel software together with programming in Visual Basic for Applications (VBA). The Annual Internal Rate of Return (IRR) and the Net Present Value (NPV) were calculated using native Excel functions. However, in order to enable a better comparison between results from different simulations, the specific NPV is displayed in the spreadsheet. That is, the ratio between the NPV and the amount invested. On the other hand, the Discounted PayBack (PBD) was calculated using a function that is not native to Excel, which is developed with programming in VBA.

To calculate the aforementioned financial indicators, it was necessary to determine the investment's cash flow and a Minimum Attractiveness Rate (MAR) to be used as DR. The cash flow is automatically determined by the spreadsheet according to the project, but the DR is determined by the user. As a reference for DR, for Brazilians, the IPCA+ treasury is suggested, as it has a similar liquidity to the simulated scenario (15 years) and the lowest credit risk in Brazil. It was considered that the readjustment of the energy tariff was 85% of inflation, and should be added on top of the fixed, net rate, a factor that remunerates an investment risk.

As the performance of a photovoltaic system depends on the technology used and the conditions under which it will be submitted, it is necessary to know the performance of a module to carry out the dimensioning of a system. This performance varies according to several variables that can be regional, such as the climate and temperature the module will be subjected to, or specific to a situation such as shading and the inclination and direction in which the panel is installed.

In this work, the same premises that the Institute for the Development of Alternative Energies in Latin America (IDEAL) adopted to develop its simulator, *América do Sol* were adopted. That is, the system consists of polycrystalline silicon slabs pointing to the north and with a fixed inclination equal to the latitude of the evaluated location, without considering a possible shading of the neighborhood[6]. In this way, in addition to adopting an already established simulation standard, it is possible to use data from *América do Sol* to determine the Annual Yield (AY) of the photovoltaic modules in a given location. Once the AY has been defined, it is necessary to know what the Minimum Rate (MR) the customer will pay regardless of its usage. This MR varies according to the connection type in 30 kWh (single-phase), 50 kWh (two-phase) and 100 kWh (three-phase). As in this work, a flat Energy Consumption (EC) and Energy Production (EP) are considered. That is, it does not vary throughout the year. The Nominal Power (NP) of a photovoltaic system can be calculated using Eq. 1.

$$NP = \frac{(EC - MR) \cdot 12}{AY} \quad (1)$$

However, the Energy Produced (EP) by a photovoltaic system varies with the time it is used, which is generally between 0.2% and 1% per year[7]. The Energy Production Decay (EPD) value is normally provided and guaranteed by for a certain period. Thus, to find the SE in a year (t), one can use Eq. 2.

$$EP_t = (EC - MR) \cdot 12 \cdot (1 - EPD)^{t-1} \quad (2)$$

The Base Tariff (BT) in effect is determined by the National Electric Energy Agency (ANEEL), varying according to the concessionaire and the Federation Unit (FU). BT receives surcharges according to power generation conditions. That is, the tariff flag. The spreadsheet allows simulations to be carried out with a specific flag or with a weighted average based on the history of tariff flags in Brazil. The taxes that can be calculated using Eq. 3 are added to the previous amount. Of these taxes, only ICMS has predefined rates, which vary according to the State and amount of energy consumed. Federal taxes, PIS and COFINS, currently vary from month to month and are usually estimated according to the average amount charged in recent months. Eq. 4 shows how to calculate the Final Tariff (FT) according to BT, Taxes (I) and Addition Referring to Tariff Flag (ARTF).

$$I = \frac{1}{1 - (\text{PIS} + \text{CONFINS} + \text{ICMS})} - 1 \quad (3)$$

$$FT = (\text{BT} + \text{ARTF}) \cdot (1 + I) \quad (4)$$

The spreadsheet was developed in order to simulate a 15-year scenario of equipment use without the need for replacement, one of the scenarios simulated by Dantas and Pompermayer[8]. This scenario is simpler, as it does not need to estimate the future price of the equipment to be replaced and has a unit cost close to a 20-year scenario in which the inverter and stringbox need to be replaced[8]. The Project Cost (PC) was estimated through the linear interpolation of a database obtained by contacting companies in the segment in the assessed location. The invested value of the project is the present value of the PC, where it is brought to present value by a DR. It was considered that the time between payment and the start of energy generation is 2 months, given the procedure established by ANEEL[9]. Finally, the remainder of the cash flow is determined by Energy Savings (ES). The ES for a given year (t) can be obtained through Eq. 5, considering the Operation and Maintenance Costs (OMC) estimated at 1% of the CP according to Nakabayashi (2015)[10].

$$ES_t = EP_t \cdot FT - 0,01 \cdot PC \quad (5)$$

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The developed spreadsheet makes it possible to evaluate the influence of several

variables such as: energy consumed, disaggregation of photovoltaic modules, taxes, connection types, tariff flag, time to implement a project and DT. The main sheet, in which the main variables are changed, can be seen in Fig. 1, with its data referring to a design carried out for Campos dos Goytacazes/RJ, Brazil.

Assumptions of the Photovoltaic System Project	
System Lifetime	15 years
One Year Savings X	R\$ 1.660,66
Savings generated in year X	Year 0
tariff	R\$ 0,92527
Taxes	31,87%
PIS + COFINS (2019)	6,17%
ICMS	18%
Flags	Average
Energy consumed on average per month	208 kWh/month
Connection Type	Biphasic
Energy produced	1894 kWh/year
Rated power	1400 Wp
Annual Yield	1,353 kWh/Wp
Energy Use	100,00%
Breakdown of modules	0,8%/ year
Operation and maintenance	1,00%

Selected System Result	
Invested Value	R\$ 9.143,14
Value per unit produced	R\$ 6,43 /Wp
Time to start generation	2 months
Total energy savings	R\$ 22.013,70
Economic analysis	
Discount Rate/MAR	10,25%
IRR	15,47%
Specific NPV	26,62%
DPB	8,90 Years

Label:

Gray - Constants
Blue - List of predefined values
Green - Variables
Yellow - Secondary Results
Orange - Main Results

Figure 1. Main layout of the elaborated spreadsheet.

By comparing the calculation methodology and the result obtained with other works such as the IDEAL simulator[6] and other works on the development of design sheets[11], we can observe that the worksheet developed in this work meets the design requirements with the differential to also carry out a more detailed and personalized economic evaluation, according to the user's assumptions. In addition to showing capital gain, the financial indicators used in this study also took into account the value of money over time. Furthermore, the spreadsheet allows you to visualize the drop in energy production, as well as its effect on energy savings.

4 | CONCLUSIONS

The sizing results were slightly different when compared to sizing performed by companies that made up the project database. This difference is mainly attributed to the consideration of the seasonality of energy consumption and production, as these variables influence the capacity of the installed system. However, considering that the objective of this work is to develop a spreadsheet for a regional assessment, it can be said that it met the proposed objectives.

It was also noticed that most companies considered tariff readjustment and DT scenarios out of date with the current Brazilian scenario. The results obtained through this spreadsheet are in some cases significantly different. Thus, it emphasizes the importance for the consumer to assess the calculation assumptions and for companies to update them,

since the profitability of the direct treasury and inflation in Brazil are not stable. Thus, this work can contribute to those who wish to study, teach, develop research or even simulations on photovoltaic systems, from an energy and/or economic point of view. The use of this spreadsheet also enables initial studies to be carried out on the feasibility of photovoltaic energy in a given region. However, it should be noted that this method does not replace an assessment for a specific project, as there are specific variables that cannot be predicted by a generic dimensioning.

REFERENCES

- [1] EPE. **Balço Energético Nacional 2020**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>. Acesso em: 6 set. 2020.
- [2] ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016.
- [3] ABSOLAR. **Geração solar distribuída atinge marca de 3 GW de potência instalada no Brasil**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/geracao-solar-distribuida-atinge-marca-de-3-gw-de-potencia-instalada-no-brasil.html>>. Acesso em: 6 set. 2020.
- [4] _____. **Energia solar triplica no país em 1 ano: saiba quanto dá para economizar**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/energia-solar-triplica-no-pais-em-1-ano-saiba-quanto-da-para-economizar.html>>. Acesso em: 6 set. 2020.
- [5] PINHEIRO, E. et al. **Avaliação do potencial da geração fotovoltaica em diferentes condições climáticas na matriz elétrica brasileira**. V Congresso Brasileiro de Energia Solar. Anais...Gramado: 2014.
- [6] AMERICA DO SOL. **Sobre o Simulador Solar**. Disponível em: <<http://americadosol.org/sobre-o-simulador-solar/>>. Acesso em: 17 jun. 2020.
- [7] BRANKER, K.; PATHAK, M. J. M.; PEARCE, J. M. **A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 15, n. 9, p. 4470–4482, dez. 2011.
- [8] DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, M. F. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8400>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- [9] Brasilagro. **Demanda por energia crescerá 62% impulsionada por veículos elétricos**. Disponível em: <<https://www.brasilagro.com.br/conteudo/demanda-por-energia-crescera-62-impulsionada-por-veiculos-eletricos.html>>. Acesso em: 9 set. 2020.
- [10] NAKABAYASHI, R. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: Viabilidade econômica**. Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos: Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (USP), 2015.
- [11] FERREIRA, R. D. A. et al. **Planilha para a estimação técnica e financeira de um sistema fotovoltaico**. Revista Ciências do Ambiente On-Line, v. 9, nov. 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ADMI 106, 108

Alimentadores 90, 91, 92, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105

Angulação 140, 141, 142, 143, 144, 147, 150, 151

Aprendizagem baseada em projetos 115, 118

Atenuação de riscos 114, 115

B

Balanco energético 20, 90, 91, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Barramento magnético 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192

Bomba centrífuga 33, 35, 41, 46

Borracha sintética 199

C

Circuitos digitais 21

Cliente 106, 108, 110, 112, 113

Controle adaptativo 50

Conversor CA/CC 153, 158

Conversor MAB 184, 187, 188

Correntes de Foucault 153, 155, 162

D

Densidade de ligações cruzadas 198, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 209

Descargas atmosféricas 119, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 137, 138, 139

Direcionamento 140, 141, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151

E

Economic feasibility 15

Eficiência energética 33, 35, 40, 41, 140, 151

Electronic spreadsheet 15

Energia solar 20, 113, 140, 141, 143, 145, 150, 151, 152

Engenharia elétrica 49, 61, 62, 114, 115, 138, 152, 182, 184, 210

Engine knock 1, 2, 3, 13, 14

F

Filtros probabilísticos 61, 62, 63, 72

Flory-Rehner 199, 201, 202, 204, 205

Freio eletromagnético 153, 154, 156, 158, 159, 161, 165, 166, 181, 182

Fuzzy cognitive maps 50, 51, 58, 59, 60

I

Inversor de frequência 33, 34, 35, 39, 40, 43

L

Localização 61, 62, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 72, 132, 143, 144

Logistic regression 1, 2, 3, 4, 14

M

Machine learning 1, 4

Medição de alimentadores 90

Misturador industrial 50

Model based design 1

Mooney-Rivlin 199, 202, 204, 205, 207

N

Núcleos magnéticos 184

O

Operações modulares 21

Ouvidoria 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113

P

Perda de energia 90

Photovoltaic energy 15, 16, 20

Prazos serviços comerciais 106

Processamento digital de sinais 21

Q

Qualidade de energia 90, 91, 92, 167

R

Red de distribución eléctrica 74

Responsabilidade social 115, 116, 118

Robótica 61, 62, 63, 64, 67, 68, 72, 73, 162

S

Satisfação 106, 108, 109, 111, 112, 113

SBR 198, 199, 200, 201, 206, 207, 208

Sistema de distribuição de água 33, 34, 35, 40, 41, 42, 43, 46

Sistemas de proteções contra descargas atmosféricas 128

Smart grid 74, 75, 86, 88


T

Transformador de estado sólido 184

V

Vehículo eléctrico 74, 75, 76, 77, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88


Videoaulas 61, 62, 72

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING


Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING


Ano 2022