

**MODELAGEM MATEMÁTICA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTVOLTAICO *ON GRID*: Aplicações de sistemas de equações não-lineares**

Anderson Piva<sup>1</sup>  
Pedro Augusto Pereira Borges<sup>2</sup>

**Palavras-chave:** Modelo matemático. Sistema fotovoltaico. Sistemas não-lineares. Métodos numéricos.

## 1. Introdução

Ao longo das últimas décadas, a redução dos recursos naturais tem estimulado a utilização de energias renováveis. Nesse contexto, o Brasil possui uma grande capacidade de produção de energia fotovoltaica. Entretanto, o alto custo de investimento relacionado a falta de retorno financeiro inviabiliza em muitas vezes a instalação do empreendimento fotovoltaico. Diante da relevância do tema e da possível contribuição dos métodos numéricos para o assunto, este trabalho tem como objetivo descrever um modelo matemático desenvolvido através de sistemas de equações não-lineares, compostos pelas funções Despesa ( $D(t)$ ) e Receita ( $R(t)$ ), para a análise da viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico *on grid* (conectado à rede). Particularmente, o presente trabalho tem dois problemas de investigação: o primeiro busca determinar o tempo em que a receita obtida com a produção de energia elétrica é equivalente aos custos do empreendimento; o segundo busca determinar qual método numérico é mais eficiente para resolver o primeiro problema de investigação.

## 2. Composição e Ajuste das Funções Despesa e Receita

De maneira geral, os dados utilizados na composição das funções  $D(t)$  e  $R(t)$  referem-se aos valores de investimentos totais, geração de energia e tarifa elétrica existentes no estudo da viabilidade econômica de Miranda (2014) para uma possível instalação de um sistema fotovoltaico por meio de três casos-exemplos (Casos A, B e C). Todos os valores monetários foram recalculados considerando-se a taxa de juros da poupança de 6,17% ao ano. Além disso, para as despesas foram acrescentados custos de manutenção anuais. A partir desses dados foram realizados ajustes de curvas para cada um dos casos de estudo, utilizando-se o Método de Procura em Rede Simples (MPRS), adaptado de Borges, Vione e Cervi (2008) para as funções  $D(t)$  e  $R(t)$ , ambas exponenciais de dois parâmetros, obtendo-se coeficientes de determinação 0,98 e 0,99, respectivamente. O sistema não-linear formado por essas duas equações não possui solução analítica, o que justifica o emprego de métodos numéricos.

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Licenciatura em Matemática. Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. *Campus* Chapecó. pivaandersonnnn@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Mecânica. Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. *Campus* Chapecó. pedro.borges@uffs.edu.br.

### 3. Tempo de Retorno de Investimento e Análise dos Métodos Numéricos

Para determinar o tempo de retorno de investimento dos sistemas fotovoltaicos foram implementados três métodos: o MPRS, Método de Procura em Rede com Refinamento (MPRR), no qual desenvolveu-se um refinamento ao MPRS capaz de melhorar a precisão e acelerar a convergência e o Método Geométrico (MG). A Tabela (1) mostra os resultados.

Tabela 1 –Tempo de Retorno de Investimento e de Execução Computacional para os Casos A, B e C

Caso	Tempo de Retorno do Investimento (anos)	Capital de Retorno (R\$)	Velocidade de Execução (s)		
			MPRS	MPRR	MG
A	16,7243	59648,78	1,770	0,022	0,021
B	19,1061	55446,79	1,722	0,020	0,019
C	22,3593	52505,49	1,791	0,023	0,022

Fonte: o autor (2022)

O desempenho dos métodos numéricos foi analisado, com relação à malha adotada, o tempo de retorno do investimento, o tempo de execução, o erro de precisão e a convergência. Os algoritmos dos métodos numéricos foram escritos em linguagem SCILAB, e executados em um notebook modelo Asus Zenbook, com processamento de 2.3 GHz. Os resultados apontaram para a ideia de que o MPRR e o MG possuem rendimento semelhante, mas superior ao MPRS. Porém, avaliando-se a precisão para o tempo de retorno de investimento, os três métodos poderiam ser utilizados com tempo de execução aceitáveis, como mostrado na Tabela (1).

### 4. Considerações finais

A inclusão de percentuais de manutenção e de correção monetária no modelo proposto, trouxe maior coerência com a realidade aos dados experimentais de despesas e receitas da literatura. De modo geral, o modelo mostrou-se eficiente na análise da viabilidade econômica, determinando com precisão e tempo reduzido, o tempo de retorno do investimento. Além disso, mostrou-se versátil e prático, com relação à simulação de diferentes dados de receitas, despesas e taxas de correção monetária, mostrando sua utilidade na tomada de decisão sobre a implantação dos sistemas fotovoltaicos. Os métodos numéricos analisados foram eficientes para resolver o sistema de equações não-lineares, com destaque para o desempenho do MPRR e MG.

### 5. Referências

BORGES, P. A. P.; CERVI, A.; VIONE, M.T. Determinação dos parâmetros da equação de Van Genutchen usando problema inverso em um problema de evaporação. In: **VIII ERMAC 2008**, Pelotas, v. 1, p. 23-30, 2008.

MIRANDA, A. B. C. M. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**. 2014. 85 f. Projeto de Graduação – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/mono-poli10010504.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2022.