



**Projeto de Pesquisa - Iniciação Científica**  
**ESTUDO DO FIREFLY ALGORITHM E APLICAÇÕES EM SISTEMAS**  
**ELÉTRICOS DE POTÊNCIA**

**Aluno:** Lucas Emmanuel Semolin

**Prof. Orientador:** Dr. Carlos Alberto de Castro Júnior

**Data do Congresso:** 30 de novembro de 2020 a 03 de dezembro de 2020

### 1. Justificativa

A ideia deste projeto de pesquisa foi propiciar o estudo de um método de busca inteligente, o *firefly algorithm* (FA), e sua posterior aplicação em um problema associado a sistemas elétricos de potência. A literatura especializada mostra vários trabalhos de pesquisa em que o FA é aplicado a diversos destes problemas, tais como o despacho econômico, a alocação ótima de bancos de capacitores e a alocação ótima de unidades de geração distribuída em redes de distribuição.

Em particular, neste projeto, o foco foi no despacho econômico, que é um problema para o qual a demanda de potência seja dividida entre todas as unidades geradoras economicamente, de maneira que as restrições sejam atendidas.

### 2. Objetivos

Este trabalho de iniciação científica objetivou iniciar os estudos visando à utilização do FA em aplicações avançadas relacionadas a sistemas elétricos de potência. Para tanto, foi imprescindível o estudo e conhecimento detalhado do FA propriamente dito. Desta forma, os objetivos deste projeto de iniciação científica foram:

- A. Realizar um estudo detalhado do FA a partir da referência básica [2].
- B. Aplicar o FA para problemas de otimização simples, como aqueles testados em [3], dentre outros.
- C. Estudo detalhado do cálculo de fluxo de carga, ferramenta fundamental na resolução do problema proposto, e familiarização com o software Matpower [4].
- D. Aplicar o FA para a resolução do problema do despacho econômico, utilizando uma rede de pequeno porte, baseado em [5].
- E. Análise crítica e detalhada dos resultados obtidos e eventuais contribuições originais à resolução do problema.

### 3. Metodologia

#### *Aspectos básicos do firefly algorithm*

O FA foi inicialmente proposto em [2]. Trata-se de uma metaheurística inspirada no comportamento dos vaga-lumes, mais precisamente na sua forma de comunicação. Os vaga-lumes utilizam a sua capacidade de emitir luz para se comunicarem. Através de sua comunicação são encontrados parceiros para acasalamento, presas, e até mesmo é constituído um mecanismo de defesa.

O FA foi idealizado utilizando algumas ideias básicas: (1) os vaga-lumes são unissex e se atraem independentemente de gênero; (2) a atratividade de um vaga-lume é determinada pelo seu brilho, assim os vaga-lumes menos brilhantes se dirigem aos mais brilhantes. Também existe a interferência da distância na atratividade, ou seja, quanto mais longe um vaga-lume está, menor é a intensidade de luz enxergada; (3) o brilho de um vaga-lume é afetado ou determinado pela função objetivo do problema; e (4) se um vaga-lume não encontra algum outro vaga-lume de brilho superior, ele se moverá aleatoriamente pelo espaço de busca. O FA apresenta alguns aspectos que o tornam fundamentalmente diferente de outros algoritmos do mesmo tipo e mais conhecidos, como o Particle Swarm Optimization (PSO), Genetic Algorithm (GA), etc [2,7,8]. Alguns destes aspectos são o conceito simples, a facilidade de implementação, a menor dependência do ajuste de parâmetros, característica aleatória real etc.

No FA, conforme a distância entre dois vaga-lumes aumenta, o brilho de um vaga-lume aos olhos de outro é reduzido. A distância entre dois vaga-lumes pode ser genericamente avaliada no plano cartesiano como a distância euclidiana entre dois pontos quaisquer.

Quando o brilho de um vaga-lume é maior que os demais, as posições dos vaga-lumes são atualizadas seguindo um fator gerado aleatoriamente, e, após certo número de iterações, os vaga-lumes tendem a uma solução ótima.

#### *Formulação do problema do despacho econômico (DE)*

Basicamente, no DE existe uma função objetivo que avalia o custo de uma determinada solução, e algumas restrições, que delimitam o espaço de busca. Tendo-se o custo para cada gerador, define-se uma função custo total, na qual, são somados todos os custos dos geradores presentes.

Deve-se estabelecer restrições de limites máximos e mínimos de potência para cada unidade geradora. Além disso, a potência total gerada deve suprir a demanda e também as perdas nas linhas de transmissão.

Outras restrições podem envolver, por exemplo, zonas proibidas de geração, e limites de rampa de geração.

#### *Fluxo de carga (MATPOWER)*

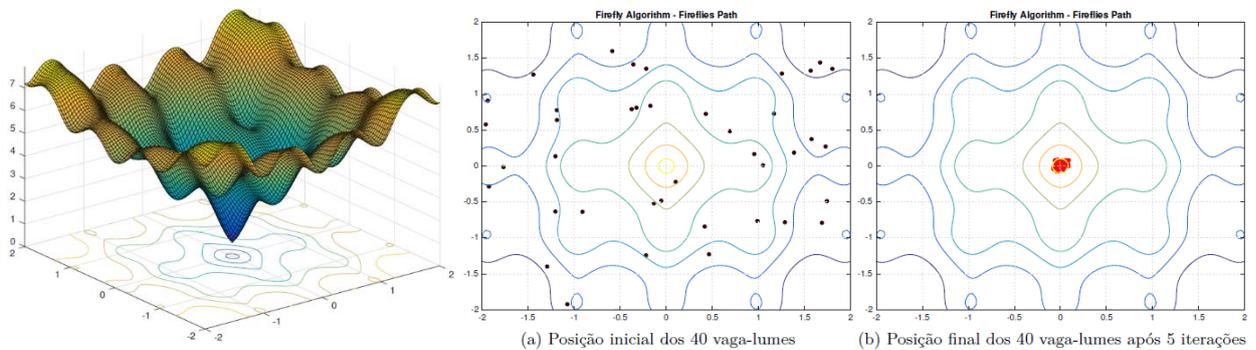
O MATPOWER é um pacote de arquivos de extensão .m de código-fonte gratuito, em linguagem Matlab, para resolver problemas de simulação e otimização de sistemas de energia, como: fluxo de potência (PF), fluxo de potência contínuo (CPF) e fluxo de potência otimizado (OPF).

O MATPOWER tem como objetivo ser uma ferramenta de simulação para pesquisadores e educadores fácil de usar e modificar, sendo desenvolvido para oferecer o melhor desempenho possível, mantendo o código simples de entender e modificar.

#### 4. Resultados obtidos

##### *Estudo do FA (exemplo de aplicações em funções complexas)*

As funções utilizadas neste estudo são funções próprias para o estudo de algoritmos de otimização, onde se busca encontrar seus mínimos (global e/ou local). Exemplos de funções simuladas são: Função de Xin-She Yang N° 2, Função de Xin-She Yang N° 3 e Função de Ackley. Pode-se observar, na figura 1, a representação da Função de Ackley e, ao lado, o movimento dos vaga-lumes a fim de encontrar o ótimo da função, respectivamente.

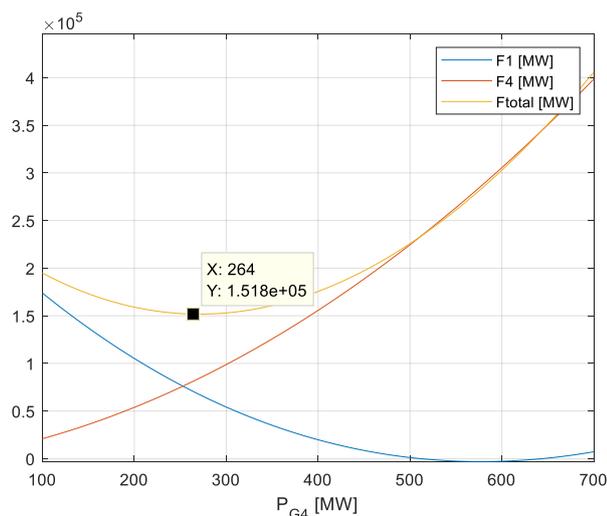


**Figura 1. Função de Ackley no caso bidimensional e Resposta da aplicação da FA na função de Ackley.**

##### *Aplicação de custos de geração de casos de redes elétricas do MATPOWER*

Após desenvolvido o programa computacional referente ao caso de rede elétrica “case4gs.m” padrão do MATPOWER, pudemos plotar os gráficos do custo de geração de cada gerador e do custo total de geração do sistema em relação à faixa de valores estabelecida inicialmente para o gerador da barra 4 para a execução do fluxo de carga.

Vê-se que há uma combinação de valores de potência para a qual o custo total de geração, para atender à mesma carga, é mínimo. No caso,  $P_{G1} = 240,5$  MW e  $P_{G4} = 264$  MW, como pode-se observar no gráfico da figura 2.



**Figura 2. Funções individuais de custos dos geradores e função de custo total do sistema da rede elétrica.**

### *Implementação parcial do Firefly Algorithm para a resolução do problema do despacho econômico*

O programa que atualmente vem sendo desenvolvido tem como objetivo final a obtenção do melhor valor da função de custos por meio da mudança de estados dos vagalumes estabelecidos pelo código.

O número de vagalumes inicialmente proposto é três, para assim conseguirmos manipular e adquirir com maior clareza e precisão as informações que estes nos retornam. A ideia principal é que tenhamos uma noção de onde pode estar o valor ótimo da função de custos geral de acordo com o brilho dos vagalumes (que representam os custos individuais para cada conjunto de valores de potência geradas pelos geradores estabelecidos). A estrutura dos vagalumes pode ser representada na tabela 1.

	PG4 (MW)
Vagalume 1	
Vagalume 2	
Vagalume 3	

**Tabela 1. Estrutura dos vagalumes presentes na rotina desenvolvida.**

Será desenvolvida uma rotina completa e detalhada para aplicarmos o FA para a resolução do despacho econômico utilizando uma rede de pequeno porte. Cada vagalume será correspondente a um valor de potência (dentro das restrições impostas) do gerador da barra 4, para assim, ser executado o fluxo de potência e, respectivamente, a obtenção da melhor combinação para os geradores que resulta no menor custo total para o sistema (aplicação do FA, propriamente dito).

## **5. Conclusão**

Com certeza, estudar o firefly algorithm (FA) foi de suma importância, pois, uma alternativa para resolver problemas complexos de otimização é usando algoritmos meta-

heurísticos, já que meta-heurísticas são métodos aproximados que oferecem soluções aceitáveis para problemas de otimização.

O estudo do fluxo de carga também foi de extrema importância pelo fato de ser uma das pautas mais importantes relacionada à vertente de transmissão/distribuição de energia do curso de engenharia elétrica, ou seja, da área de potência. O fluxo de carga pode ser considerado a base dos estudos de sistemas elétricos de potência.

A principal ideia deste projeto é conectar o algoritmo de otimização de alta eficiência com o fluxo de carga (desenvolvendo, assim, o despacho econômico). Esta conexão consistiu em atribuímos cada vagalume inicial do algoritmo como sendo um gerador presente na rede, e assim, por meio de chamadas seguidas das funções do FA e do fluxo de carga no código principal chegaríamos numa resposta ótima para os valores de potência dos geradores, respeitando as limitações (restrições) impostas.

## 6. Referências

- [1] J. Zhu, Optimization of power system operation, IEEE/Wiley, 2009.
- [2] X.S. Yang, Firefly algorithms for multimodal optimization, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2009.
- [3] X.S. Yang, Firefly algorithm, stochastic test functions and design optimisation, Int. J. Bio-Inspired Computation, 2010.
- [4] Matpower, <http://www.pserc.cornell.edu/matpower/>, acesso em 29/03/2019.
- [5] K. Kapelinski, J.O. dos Santos, G. Andrade, E.M. Santos, J.P. Juchem Neto, Non-homogenous firefly algorithm for optimization: application to an economic load dispatch problem, Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), 2018.
- [6] J. Olamaei, M. Moradi, T. Kaboodi, A new adaptive modified Firefly Algorithm to solve optimal capacitor placement problem, 18th Electric Power Distribution Conference, 2013.
- [7] T. Apostolopoulos, A. Vlachos, Application of the firefly algorithm for solving the economic emissions load dispatch problem, International Journal of Combinatorics, 2011.
- [8] X.S. Yang, Firefly algorithm, Levy flights and global optimization, in Research and Development in Intelligent Systems XXVI, Springer, 2010.
- [9] M.H. Sulaiman, M.W. Mustafa, A. Azmi, O. Aliman, S.R. Abdul Rahim, Optimal allocation and sizing of distributed generation in distribution system via firefly algorithm, IEEE International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2012), 2012.