



Universidade Federal de Juiz de Fora

Departamento de Ciência da Computação

# **Explorando Algoritmos Evolutivos: Comparação entre GA e PSO em Problemas de Otimização com APM e Kalyanmoy Deb**

Marcelo Corni Alves

**Disciplina:** Computação Evolucionista

**Professor:** Carlos Cristiano Hasenclever Borges

Juiz de Fora

2024

## Resumo

Este artigo apresenta um estudo comparativo entre dois dos mais populares algoritmos evolutivos, o Algoritmo Genético (GA) e a Otimização por Enxame de Partículas (PSO). Através de dois experimentos distintos, foi investigada a eficácia desses métodos em um cenário específico: foram aplicadas 36.000 avaliações em 35 execuções independentes para avaliar o desempenho dos algoritmos em minimizar o volume de uma mola, aplicando APM e algumas de suas variantes e penalização Kalyanmoy Deb para fins comparativos. Os resultados demonstram as forças e fraquezas de cada abordagem em diferentes estratégias de penalização. Os algoritmos foram desenvolvidos em Python, em conjunto com as bibliotecas Mealpy, Opfunu e Streamlit como interface gráfica, para geração dos resultados apresentados.

**Palavras-chaves:** Algoritmo Genético, Otimização por Enxame de Partículas, Otimização, Viés Central, APM, Kalyanmoy Deb, Python, Mealpy, Opfunu, Streamlit.

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GA - Algoritmo Genético</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>PSO - Otimização por Enxame de Partículas</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Comparativo GA x PSO</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Experimento - Estratégias de penalização com APM e K. Deb com GA e PSO no problema de Mola sob Tração/Compressão</b> . . . . .	<b>5</b>
5.1	Metodologia . . . . .	5
5.2	Resultados . . . . .	6
5.3	Análise dos Resultados . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Conclusão</b> . . . . .	<b>9</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>11</b>

# 1 Introdução

Os algoritmos evolutivos têm se destacado como ferramentas eletivas para a resolução de problemas complexos de otimização, onde métodos tradicionais muitas vezes se mostram ineficazes. Neste artigo, são exploradas duas abordagens evolutivas amplamente utilizadas, o Algoritmo Genético (GA) e a Otimização por Enxame de Partículas (PSO), aplicando-as em dois contextos distintos para avaliar seu desempenho e identificar suas vantagens e desvantagens. O primeiro experimento avalia a aplicação de estratégias de penalização adaptativa[1] em um problema de mola sob tração/compressão[2]. O segundo experimento é avaliar a aplicação da penalização Kalyanmoy Deb no mesmo problema do primeiro.

## 2 GA - Algoritmo Genético

O Algoritmo Genético (GA) é uma técnica de busca heurística inspirada na teoria da evolução natural de Charles Darwin. O GA opera com uma população de soluções candidatas, aplicando operadores genéticos como seleção, crossover e mutação para explorar o espaço de soluções. A principal vantagem do GA inclui sua capacidade em evitar mínimos locais, tornando-o eficaz em problemas com superfícies de resposta complexas. No entanto, o GA pode sofrer de convergência lenta e pode exigir ajuste intensivo de parâmetros, como taxa de mutação e tamanho da população.

## 3 PSO - Otimização por Enxame de Partículas

A Otimização por Enxame de Partículas (PSO) é inspirada no comportamento coletivo de organismos como pássaros e peixes. As partículas, que representam soluções potenciais, ajustam suas posições enquanto se deslocam pelo espaço de soluções com base em sua experiência particular e na de seus vizinhos mais próximos. O PSO é reconhecido por sua simplicidade e eficiência computacional, além de possuir uma rápida taxa de convergência. Por outro lado, o PSO pode ficar preso em ótimos locais e pode ser sensível à escolha dos parâmetros de inércia e coeficientes de aprendizado.

## 4 Comparativo GA x PSO

Na comparação entre GA e PSO, observa-se que ambos possuem forças em diferentes tipos de problemas. O GA é mais eficaz em explorar o espaço de soluções e evitar mínimos locais, mas pode ser mais lento e exigente em termos de ajuste de parâmetros. O PSO, por sua vez, oferece uma convergência mais rápida e é mais simples de implementar, mas pode sofrer com a exploração insuficiente do espaço de soluções, especialmente em problemas multimodais. O potencial de cada algoritmo depende, portanto, das características do problema específico.

Tabela 1 – Comparação entre GA e PSO

<b>Critério</b>	<b>GA (Algoritmo Genético)</b>	<b>PSO (Otimização por Enxame de Partículas)</b>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Evita mínimos locais com eficiência</li><li>- Bom para problemas com superfícies de resposta complexas</li><li>- Flexível com múltiplos operadores genéticos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Simplicidade de implementação</li><li>- Convergência rápida</li><li>- Eficaz em problemas com poucos mínimos locais</li></ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Convergência lenta</li><li>- Requer ajuste intensivo de parâmetros</li><li>- Pode ser computacionalmente caro</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pode ficar preso em ótimos locais</li><li>- Sensível à escolha dos parâmetros de inércia e coeficientes de aprendizado</li><li>- Menor capacidade de exploração do espaço de soluções</li></ul>
<b>Potenciais</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Adequado para problemas altamente não lineares</li><li>- Pode ser combinado com outras técnicas para melhorar a performance</li><li>- Versatilidade na aplicação em diferentes áreas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Excelente desempenho em problemas de otimização contínua</li><li>- Pode ser aprimorado com técnicas de ajuste de parâmetros adaptativos</li><li>- Bom para otimizações rápidas onde a simplicidade é crucial</li></ul>

## 5 Experimento - Estratégias de penalização com APM e K. Deb com GA e PSO no problema de Mola sob Tração/Compressão

### 5.1 Metodologia

Este experimento exigiu uma pesquisa aprofundada sobre os métodos de penalização adaptativa[1], bem como a migração e alteração de um algoritmo para Python, utilizando como base a implementação encontrada para o APM em um repositório do GitHub[3].

Foram realizadas otimizações com 36.000 avaliações para cada um dos algoritmos (GA e PSO) e cada uma das variantes do APM[2] com 35 execuções independentes, assim como para a penalização Kalyanmoy Deb[4].

Como critério principal de avaliação, foi utilizado o valor da métrica **Melhor**, onde volumes mais baixos indicam maior desempenho.



A interface de configuração dos parâmetros é apresentada em um formulário com um fundo cinza claro. Ela contém três seções de entrada de dados, cada uma com um rótulo em português, um campo de texto e botões de ajuste. A primeira seção, 'Número de execuções', tem o valor 35. A segunda, 'Número total de avaliações', tem o valor 36000. A terceira, 'Tamanho da população', tem o valor 50. Abaixo dessas seções, há um botão 'Executar'.

Parâmetro	Valor
Número de execuções	35
Número total de avaliações	36000
Tamanho da população	50

Executar

Configuração dos Parâmetros

## 5.2 Resultados

Tabela 2 – Resultados da otimização GA para o problema da mola.

Variante	Melhor	Mediana	Média	Dp	Pior
APM	<b>1.0827e-02</b>	<b>2.0614e-02</b>	<b>2.6199e-02</b>	1.4212e-02	<b>5.3524e-02</b>
APM_Med_3	1.1495e-02	2.1903e-02	2.6983e-02	<b>1.4150e-02</b>	6.3053e-02
APM_Worst	1.2681e-02	<b>2.0483e-02</b>	2.6306e-02	<b>1.4129e-02</b>	6.2701e-02
APM_Spor_Mono	1.1296e-02	2.2804e-02	3.0098e-02	1.7213e-02	6.5649e-02
Kalyanmoy_Deb	2.0624e-02	2.3749e-02	2.4882e-02	3.341e-02	3.270e-02

Figura 1 – Melhores Volumes em cada Penalização para o algoritmo GA

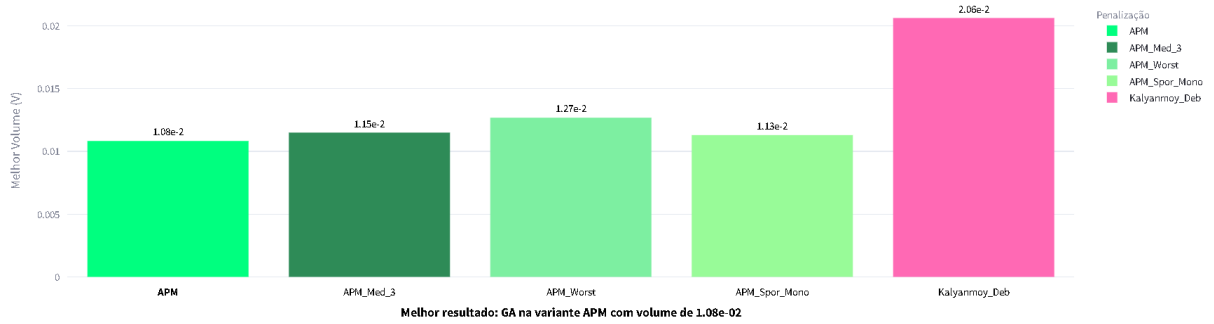
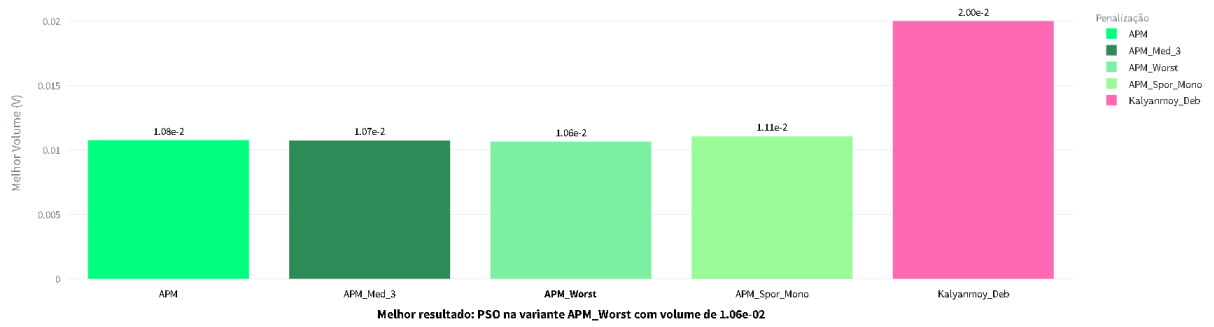


Tabela 3 – Resultados da otimização PSO para o problema da mola.

Variante	Melhor	Mediana	Média	Dp	Pior
APM	.0760e-02	2.8876e-02	2.8728e-02	1.3849e-02	5.4327e-02
APM_Med_3	1.0731e-02	2.6431e-02	<b>2.6375e-02</b>	<b>1.3107e-02</b>	<b>5.2298e-02</b>
APM_Worst	<b>1.0646e-02</b>	2.8239e-02	2.6712e-02	1.3479e-02	5.3842e-02
APM_Spor_Mono	1.1050e-02	<b>2.5303e-02</b>	2.6461e-02	1.3599e-02	5.3593e-02
Kalyanmoy_Deb	2.0004e-02	2.0004e-02	2.0004e-02	2.0004e-02	2.0004e-02

Figura 2 – Melhores Volumes em cada Penalização para o algoritmo PSO

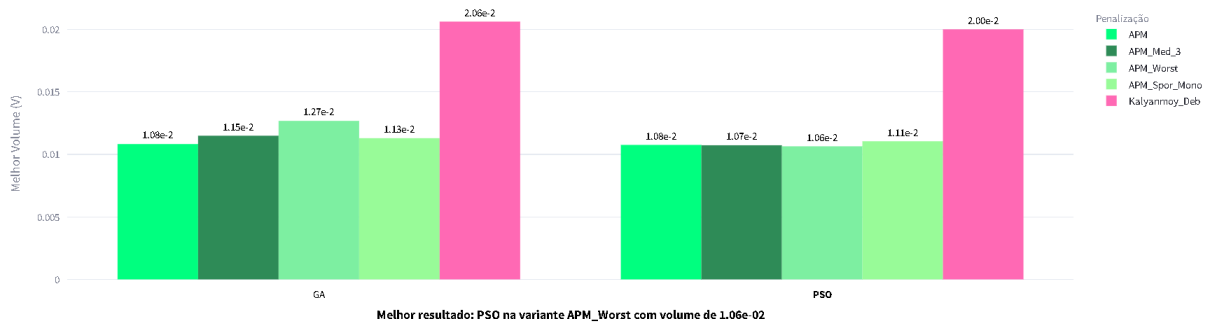




### 5.3 Análise dos Resultados

Neste experimento, foram analisados os volumes obtidos pelos algoritmos GA e PSO em diferentes variantes do APM[1], para possível penalização adaptativa e penalização Kalyanmoy Deb[4].

Figura 3 – Melhores Volumes para cada Penalização no GA e PSO



A variante APM\_Worst no PSO apresentou o menor valor ( $1.064e-02$ )(2), indicando que esta variante foi a mais eficaz na minimização do volume entre todas as variantes testadas.

Para o GA, a variante APM foi a que obteve o menor valor ( $1.0827e-02$ )(1). No entanto, este valor ainda é superior ao obtido pela variante mais eficiente do PSO.

Nos experimentos conduzidos, o PSO apresentou melhores resultados globais. Entretanto, a escolha do algoritmo mais apropriado deve considerar as características específicas do problema abordado.

O GA, embora tenha mostrado bom desempenho, especialmente na variante APM, não conseguiu superar o PSO no contexto apresentado.

## 6 Conclusão

Neste estudo, foram investigadas a eficácia e robustez dos algoritmos Algoritmo Genético (GA) e Otimização por Enxame de Partículas (PSO) na aplicação de estratégias de penalização adaptativa e penalização Kalyanmoy Deb[4] em um problema clássico da engenharia de mola sob tração/compressão.

No Experimento, onde ambos os algoritmos foram aplicados ao problema de mola sob tração/compressão[2] com estratégias de penalização adaptativa[1] e penalização Kalyanmoy Deb[4], o PSO novamente demonstrou superioridade. A variante APM\_Worst no PSO apresentou o menor valor na métrica **Melhor** ( $1.0646e-02$ )(2), superando todas as variantes no GA, cujo melhor resultado foi obtido pela variante APM ( $1.0827e-02$ )(1). Esses resultados indicam que o PSO, especialmente em sua configuração APM\_Worst, é mais eficiente na minimização do volume da mola. O GA, embora tenha mostrado bom desempenho, foi superado pelo PSO em termos de valores mínimos alcançados.

Comparando os métodos, o PSO se destaca como o algoritmo vencedor em ambos os experimentos, especialmente na tarefa de minimizar o volume da mola. Sua capacidade de manter consistência nos resultados e alcançar menores valores mínimos, o torna a escolha preferencial para o problema em específico. O GA, por sua vez, mostrou-se competitivo, mas menos eficaz quando comparado ao PSO nas mesmas condições.

A estratégia de penalização Kalyanmoy Deb[4] demonstrou os piores resultados comparados com o APM e suas variantes.

Em tese, os resultados indicam que o PSO pode ser elegível para os cenários de otimização analisados, especialmente quando se busca minimizar variáveis críticas como o volume em problemas de engenharia.

## Código Disponível

O código desenvolvido para obtenção dos resultados dos experimentos estão disponíveis nos repositórios [\[5\]](#) e [\[6\]](#) do GitHub.

## Referências

- 1 BARBOSA, H. J.; LEMONGE, A. C. A new adaptive penalty scheme for genetic algorithms. *Information sciences*, Elsevier, v. 156, n. 3-4, p. 215–251, 2003.
- 2 CARVALHO, É. d. C. R. Solução de problemas de otimização com restrições usando estratégias de penalização adaptativa e um algoritmo do tipo pso. 2014.
- 3 BERNARDINO, H. S. *Adaptive Penalty Method (APM)*. 2012. <https://github.com/hedersb/apm>. Acessado em 31/08/2024.
- 4 DEB, K. An efficient constraint handling method for genetic algorithms. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, Elsevier, v. 186, n. 2-4, p. 311–338, 2000.
- 5 ALVES, M. C. *Otimizações com Opfnu, Mealpy, APM*. 2024. [https://github.com/marcelocorni/evolo\\_cec\\_apm](https://github.com/marcelocorni/evolo_cec_apm). Acessado em 31/08/2024.
- 6 ALVES, M. C. *Otimizações com Opfnu, Mealpy, Deb*. 2024. <https://github.com/marcelocorni/evolo-deb-mola>. Acessado em 30/09/2024.