

# Análise Experimental: Comparação de Configurações (Equipe F)

Equipe F

08/11/2025

**Bernardo Bacha**

bernardobr@ufmg.br

**Gustavo Reis**

augustogustavo94@gmail.com

**Marília Melo**

mariliamacedomelo@gmail.com

## 1 Introdução

Este relatório tem como objetivo verificar estatisticamente se existem diferenças significativas de desempenho entre duas configurações do algoritmo de **Evolução Diferencial (DE)** aplicadas à função **Rosenbrock**.

As configurações avaliadas foram: - **Cfg1**: Recombinação *mmax* ( $\lambda = 0.25$ ) e Mutação *best* ( $f = 4$ ). - **Cfg2**: Recombinação *npoint* ( $N = \text{dim}/2$ ) e Mutação *rand* ( $f = 2.2$ ).

Utilizou-se um **projeto com blocagem**, onde a dimensão ( $D$ ) do problema atua como fator de bloco. Esta abordagem é essencial para isolar a grande variabilidade natural causada pelo aumento da complexidade do problema (dimensão), permitindo uma comparação justa e focada apenas no efeito das configurações.

## 2 Metodologia Experimental

O experimento foi conduzido considerando: - **Fator de interesse**: Configuração (cfg1, cfg2). - **Fator de bloco**: Dimensão do problema (`dim`), variando de 2 a 40. - **Variável resposta**: Melhor valor de função obtido (`Fbest`).

A determinação inicial do número ideal de blocos baseou-se em uma análise de poder estatístico (power analysis) aplicada a testes t pareados, que indicou a necessidade de 34 blocos para assegurar uma sensibilidade adequada (poder  $\geq 0.8$ ) na detecção de diferenças significativas entre as configurações, minimizando erros do Tipo II.

A estratégia de blocagem é fundamental neste contexto devido ao impacto severo da dimensionalidade na complexidade da função objetivo. O tratamento de cada dimensão como um bloco permite isolar a variabilidade intrínseca ao tamanho do problema, garantindo que as configurações sejam comparadas sob as mesmas condições de dificuldade.

Contudo, restrições práticas de custo computacional inviabilizaram a execução de experimentos cobrindo todo o espectro de 149 dimensões possíveis. Buscando um compromisso entre o rigor estatístico e a viabilidade prática, optou-se por selecionar as 34 dimensões (blocos) sugeridas pela análise de poder dentro do intervalo entre 2 e 40. Foram executadas 15 experimentos para cada bloco

selecionado, utilizando-se a média dessas execuções como medida de desempenho central. A Figura 1 apresenta os dados obtidos.

## 2.1 Hipóteses Estatísticas

O estudo avalia as seguintes hipóteses globais:  $H_0$ : As configurações possuem desempenho médio equivalente ( $\mu_1 = \mu_2$ ).  $H_1$ : Existe diferença significativa no desempenho médio das configurações ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ).

Seja  $\tau_i$  o efeito da configuração  $i$  no desempenho médio do algoritmo. As hipóteses globais do teste são:

$$\begin{cases} H_0 : \tau_i = 0 \\ H_1 : \exists \tau_i \neq 0 \end{cases}$$

A hipótese nula ( $H_0$ ) afirma que não há diferença significativa no desempenho entre as diferentes configurações (o efeito de qualquer escolha é nulo). Frente à rejeição de  $H_0$ , realiza-se uma comparação par a par para definir a melhor configuração. Neste caso específico com duas configurações:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{cases}$$

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Análise Exploratória

A Figura 1 apresenta o comportamento das duas configurações ao longo das dimensões testadas. Observa-se visualmente que a `cfg1` (linha vermelha) tende a manter valores de função objetivo consistentemente menores que a `cfg2` (linha azul) na maioria dos blocos, sugerindo um desempenho superior na minimização da função.

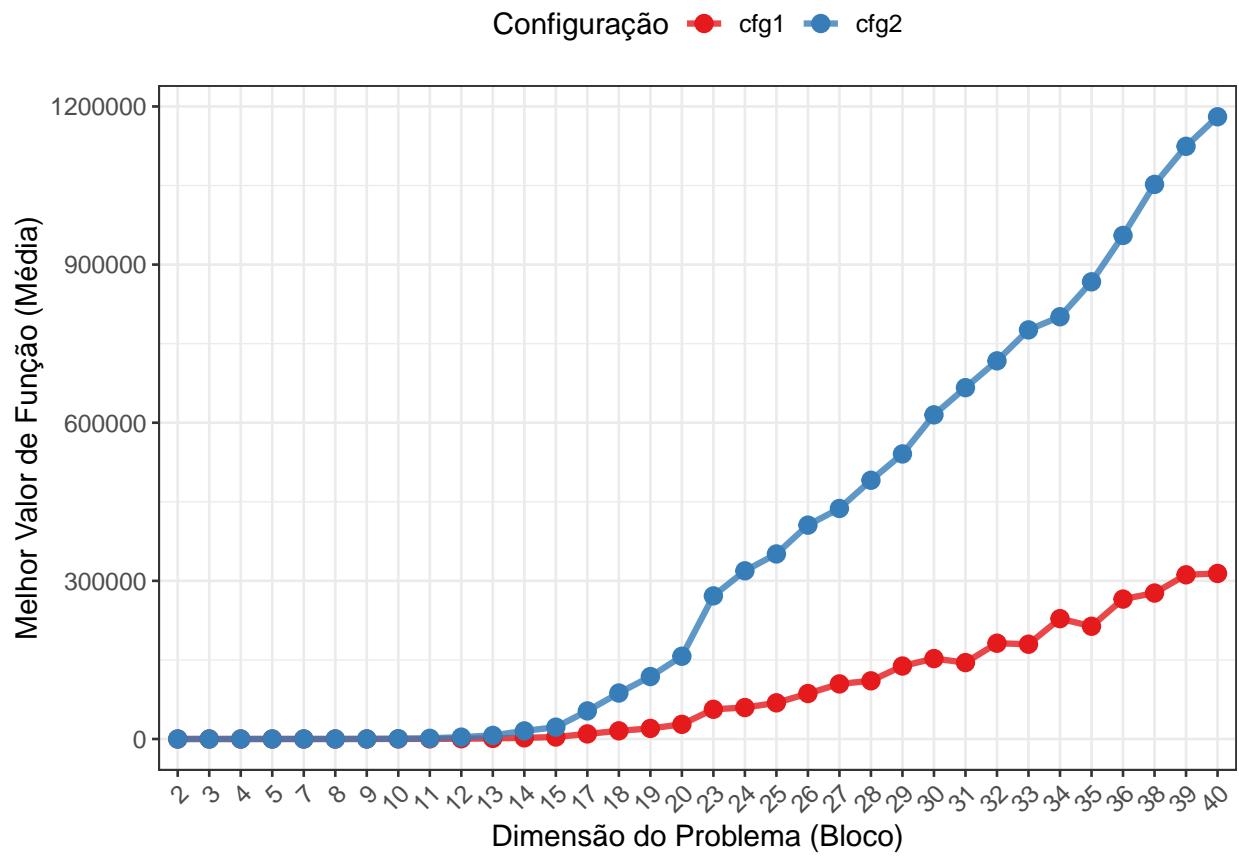


Figure 1: Desempenho médio (Fbest) por dimensão para cada configuração.

### 3.2 Modelagem Estatística e Verificação de Pressupostos

Inicialmente, ajustou-se um modelo paramétrico de Análise de Variância (ANOVA) com blocagem. A validade deste modelo depende do atendimento aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade (variância constante) dos resíduos.

A Figura 2 apresenta os diagnósticos visuais do modelo. O gráfico de *Resíduos vs Ajustados* exibe um forte padrão em “U”, indicando não-linearidade e heterocedasticidade. O *Histograma dos Resíduos* confirma a falta de normalidade, apresentando uma distribuição assimétrica.

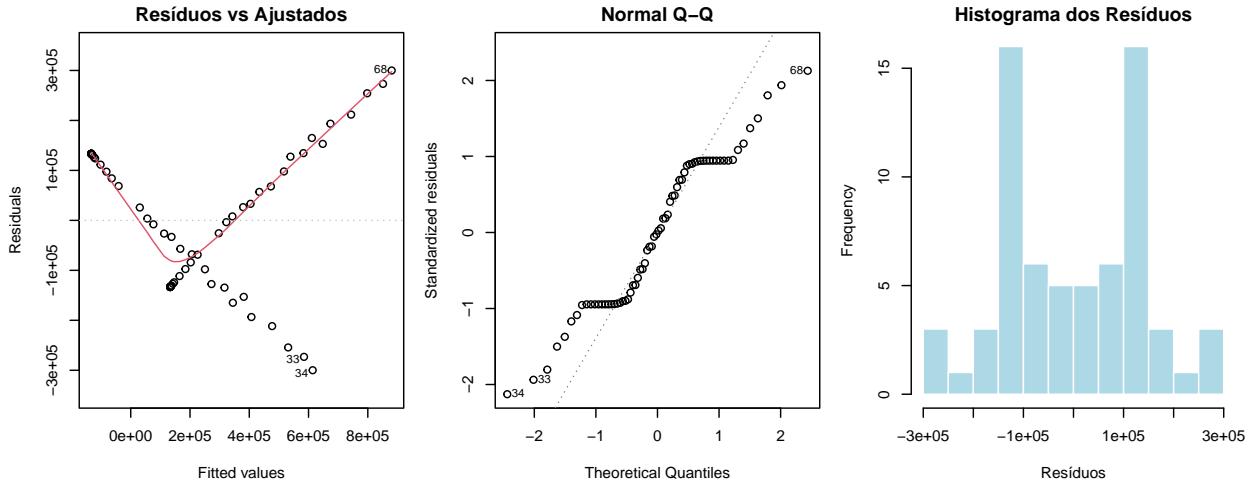


Figure 2: Diagnóstico visual dos resíduos: (Esq) Resíduos vs Ajustados; (Centro) Q-Q Plot; (Dir) Histograma.

Table 1: Verificação dos pressupostos da ANOVA.

|   | Teste                      | Estatística | p-valor |
|---|----------------------------|-------------|---------|
| W | Shapiro-Wilk (Normalidade) | 0.9483      | 0.0069  |
|   | Levene (Homocedasticidade) | 30.1597     | 0.0000  |

O teste de Shapiro-Wilk rejeitou a normalidade ( $p < 0.05$ ), e teste de Levene indicou violação severa da homocedasticidade ( $p < 0.05$ ). A análise gráfica dos resíduos (Figura 2) corrobora este diagnóstico, apresentando um padrão claro em “U” no gráfico de Resíduos vs. Ajustados, o que compromete a confiabilidade dos resultados da ANOVA paramétrica.

### 3.3 Análise Não Paramétrica (Teste de Friedman)

Devido à violação dos pressupostos, optou-se pelo **Teste de Friedman**, que é robusto a essas violações por utilizar postos.

O teste indicou uma diferença altamente significativa entre as configurações ( $\chi^2 = 34, p < 0.001$ ), levando à rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ).

Para quantificar essa diferença, a Tabela 2 apresenta as medianas de desempenho de cada configuração e o resultado do teste pós-hoc de Wilcoxon (com correção de Bonferroni), que confirmou a diferença significativa ( $p < 0.001$ ).

Table 2: Mediana do desempenho e teste comparativo.

| Configuração | Mediana Global (Fbest) | P_valor_Wilcoxon |
|--------------|------------------------|------------------|
| cfg1         | 42093.1                | -                |
| cfg2         | 214252.7               | <0.001           |

A **Configuração 1** obteve uma mediana de aproximadamente **42.093**, enquanto a Configuração 2 obteve **214.252**. Isso indica que a Cfg1 é cerca de 5 vezes mais eficaz em termos de valor mediano da função objetivo.

## 4 Conclusões

O estudo comparativo entre as duas configurações do algoritmo DE para a função Rosenbrock, conduzido com rigoroso controle experimental por blocagem, permite concluir que:

1. **A escolha da configuração é crítica:** Existe uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.001$ ) no desempenho entre as configurações testadas. Utilizar a configuração inadequada pode levar a resultados drasticamente inferiores.
2. **Superioridade da Cfg1:** A Configuração 1 ( $\text{mmax}, f = 4$ ) demonstrou desempenho consistentemente superior na minimização da função, apresentando resultados medianos cinco vezes melhores que a Configuração 2.

Portanto, recomenda-se fortemente a utilização da **Configuração 1** para problemas similares aos avaliados neste experimento.

## 5 Papéis desempenhados

**Marília Melo:** Metodologia, Pesquisa, Design da apresentação de dados, Desenvolvimento, Redação original; **Gustavo Reis:** Metodologia, Supervisão, Validação de dados e experimentos, Redação - revisão; **Bernardo Bacha:** Análise de dados, Metodologia, implementação e teste de software, Redação - revisão;

### 5.1 Referências

- [1] BESSANI, M. EEE933 - Estudo de Caso 3: UFMG, 2024.
- [2] Rosenbrock HH (1960). “An Automatic Method for Finding the Greatest or least Value of a Function.” Computer Journal, 3(3), 175–184.
- [3] CAMPELO, F.; TAKAHASHI, F. Sample size estimation for power and accuracy in the experimental comparison of algorithms. Journal of Heuristics, v. 25, n. 2, p. 305–338, 4 out. 2018.
- [4] CAMPELO, F. Lecture notes on design and analysis of experiments. Belo Horizonte: UFMG, 2014.
- [5] MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Applied statistics and probability for engineers. John Wiley and Sons, 2003.