

# Roteamento de Veículo Elétrico via Algoritmo Genético Binário

Yago Pereira dos Anjos Santos

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional

16 de julho de 2025



- 1 Introdução ao Problema
- 2 Descrição do Método: Algoritmo Genético Binário
- 3 Resultados Obtidos
- 4 Conclusão

- 1 Introdução ao Problema
- 2 Descrição do Método: Algoritmo Genético Binário
- 3 Resultados Obtidos
- 4 Conclusão

# O Problema: EVRP Simplificado

- **EVRP (Problema de Roteamento de Veículo Elétrico):**  
Encontrar rotas para veículos elétricos que atendam a clientes.
- **Objetivo:** Minimizar a distância total percorrida.
- **Clientes e Depósito:** Cada cliente é visitado exatamente uma vez por um veículo; VEs começam e terminam no depósito.
- **Simplificação na Implementação:**
  - Ignoramos restrições de **capacidade de carga**.
  - Ignoramos restrições de **capacidade e consumo de energia** (bateria).

- 1 Introdução ao Problema
- 2 Descrição do Método: Algoritmo Genético Binário
- 3 Resultados Obtidos
- 4 Conclusão

## Algoritmo Genético Binário

- Meta-heurística baseada na seleção natural e genética.
- Busca soluções aproximadas para problemas de otimização.
- Opera com uma população de “indivíduos” (soluções candidatas).

# Representação do Indivíduo (Cromossomo)

- Um indivíduo é uma **string (lista) puramente binária** ('0's ou '1's).
- O comprimento da string é igual ao **número de clientes**.
- Cada bit corresponde a um cliente em uma **ordem predefinida e fixa** (ids ordenados).
- **Significado do Bit:**
  - '1': Indica que o veículo retorna ao depósito **após** visitar o cliente correspondente, iniciando uma nova rota.
  - '0': Indica que o veículo **continua** para o próximo cliente na mesma rota.
- **Limitação:** Esta representação **não otimiza a ordem de visita dos clientes**; apenas os pontos de “quebra” da rota.

# Operadores Genéticos e Aptidão

- **População Inicial:** Indivíduos binários gerados aleatoriamente.
- **Função de Aptidão (Fitness):**
  - Avalia a “qualidade” da solução.
  - Calculada como o **inverso da distância total percorrida** pelas rotas.
  - Quanto menor a distância, maior a aptidão.
- **Seleção de Pais:** Por roleta, favorecendo indivíduos com maior aptidão.
- **Crossover (Recombinação):**
  - Crossover de um ponto na string binária.
  - Troca segmentos binários entre pais para gerar filhos.
- **Mutação:**
  - Inversão de um bit ('0' para '1' ou '1' para '0') com pequena probabilidade.
- **Critério de Parada:** Número máximo de avaliações da função de aptidão:  $25000n$ , onde  $n$  é o tamanho do problema.



- 1 Introdução ao Problema
- 2 Descrição do Método: Algoritmo Genético Binário
- 3 Resultados Obtidos**
- 4 Conclusão

- **Instância E-n23-k3.evrp:**

Dimensão (total de nós):  $n = 23$

Número de Clientes (com demanda  $> 0$ ): 22

ID do Depósito: 1

Número máximo de avaliações por execução ( $25000 \cdot n$ ): 575000

Número de execuções independentes: 20

- Distância média obtida pelo AG Binário:  $\approx 918.56$ .

instâncias	Resultados AGB			
	min	max	mean	stdev
E-n23-k3.evrp	918.56	918.56	918.56	0.0

**Tabela 1:** Resultados obtidos a partir da implementação do AGB

- **Instância E-n51-k5.evrp:** Dimensão (total de nós):  $n = 51$   
Número de Clientes (com demanda  $> 0$ ): 50  
ID do Depósito: 1  
Número máximo de avaliações por execução:  $(25000 \cdot n) = 1275000$   
Número de execuções independentes: 20
  - Distância média obtida pelo AG Binário:  $\approx 1313.47$ .

instâncias	Resultados AGB			
	min	max	mean	stdev
E-n51-k5.evrp	1313.47	1313.47	1313.47	0.0

Tabela 2: Resultados obtidos a partir da implementação do AGB

# Resultados da Competição

instâncias	(Time 1) VNS			
	min	max	mean	stdev
E-n23-k3.evrp	571.94	571.94	571.94	0.0
E-n51-k5.evrp	529.90	548.98	543.26	3.52

instâncias	(Time 2) SA			
	min	max	mean	stdev
E-n23-k3.evrp	571.94	571.94	571.94	0.0
E-n51-k5.evrp	533.66	533.66	533.66	0.0

instâncias	(Time 3) GA			
	min	max	mean	stdev
E-n23-k3.evrp	571.94	571.94	571.94	0.0
E-n51-k5.evrp	529.90	553.23	542.08	8.57

Tabela 3: Resultados dos três times para diferentes instâncias

## Comparação de Valores Ótimos

- Instância E-n23-k3.evrp
  - Time 1: Diferença percentual: 60.60%
  - Time 2: Diferença percentual: 60.60%
  - Time 3: Diferença percentual: 60.60%
- Instância E-n51-k5.evrp
  - Time 1: Diferença percentual: 147.87%
  - Time 2: Diferença percentual: 146.12%
  - Time 3: Diferença percentual: 147.87%

- 1 Introdução ao Problema
- 2 Descrição do Método: Algoritmo Genético Binário
- 3 Resultados Obtidos
- 4 Conclusão**

- A codificação binária pura **não otimiza a permutação dos clientes**. A ordem de visita é fixa, limitando severamente o espaço de soluções explorável para roteamento.
- **Ineficácia** em encontrar soluções próximas do ótimo, pois sua codificação é inadequada para otimizar a **permutação de clientes**.
- Uma abordagem **híbrida** (permutação + binário) pode ser necessária para resolver eficientemente o problema de roteamento e obter resultados mais próximos dos ótimos.
- Além disso, a **inclusão das restrições do problema** são essenciais para resultados competitivos.