

# **Otimização Cooperativa de Hiperparâmetros em Ensembles Heterogêneos para Séries Temporais**

**Filipe Cordeiro de Medeiros Azevedo**  
**Computação Evolucionária - UPE**

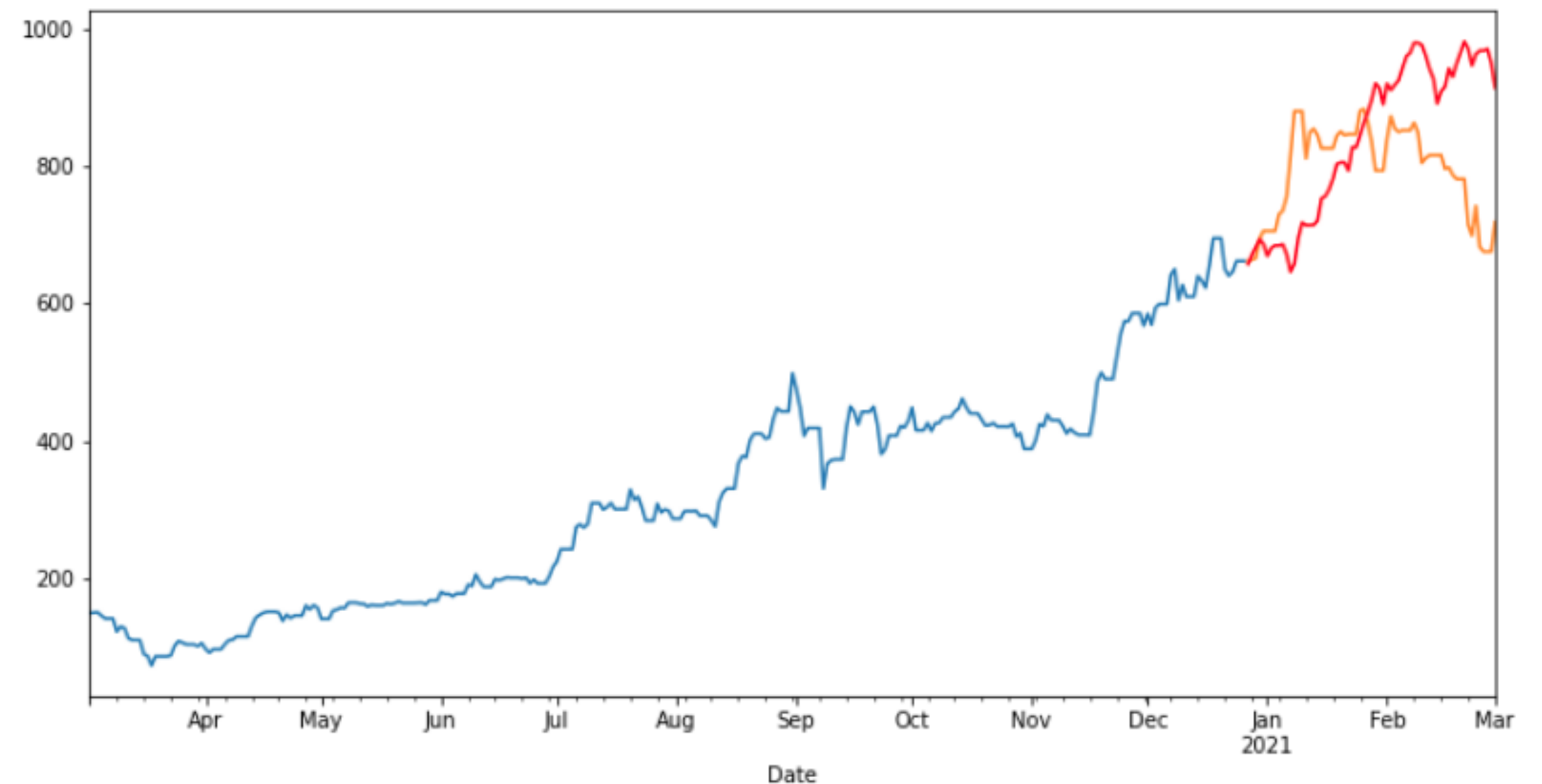
**Junho, 2025**

# Agenda

1. Motivação
2. Objetivo
3. Modelos
4. Metodologia
5. Conjunto de dados
6. Experimentos
7. Resultados
8. Conclusão e trabalhos futuros

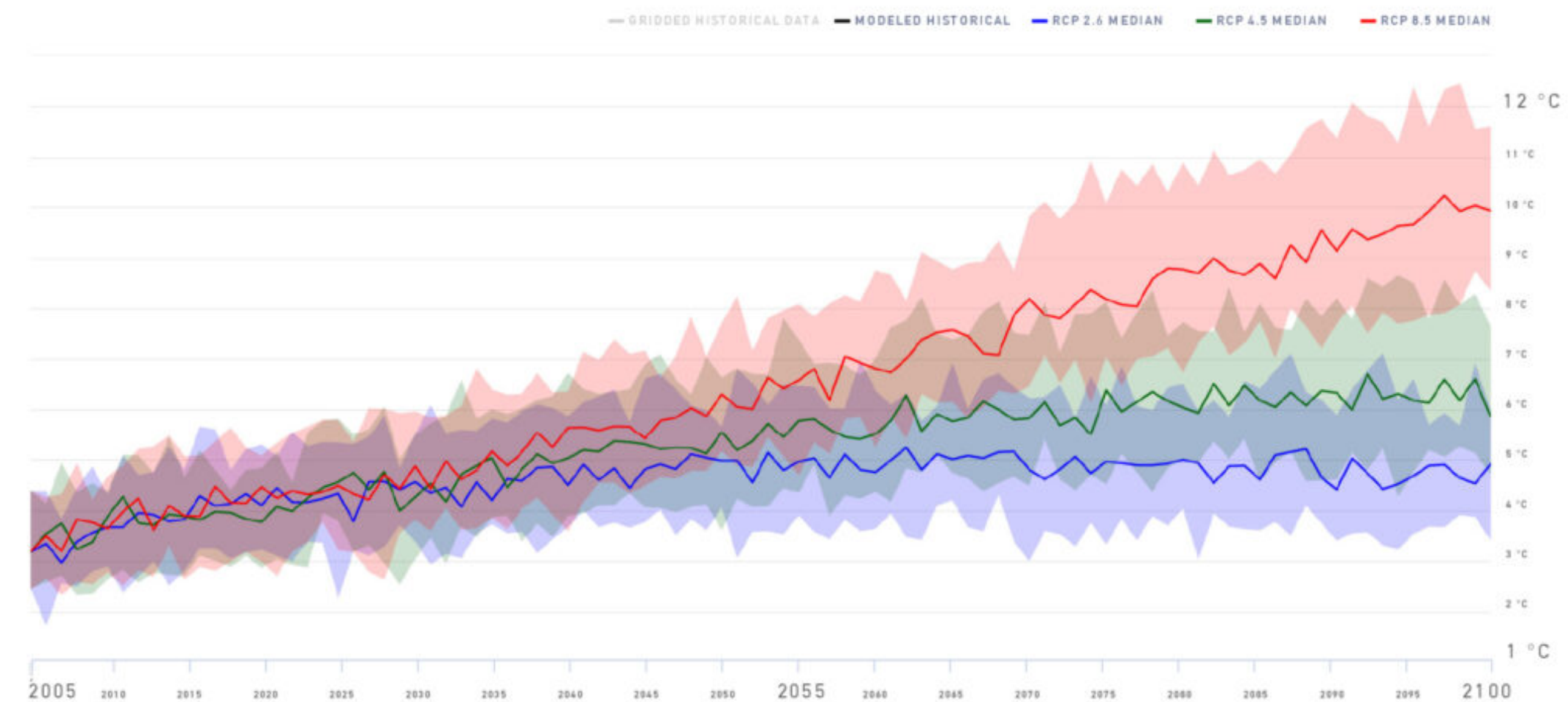
# Motivação

- Prever séries temporais é essencial em diversos setores como finanças, energia e saúde
- Modelos individuais enfrentam limitações diante de padrões complexos (sazonalidade, não-linearidade, ruído)
- Ensembles heterogêneos oferecem maior flexibilidade, mas exigem seleção cuidadosa de modelos e hiperparâmetros



# Objetivo

- Propor um algoritmo cooperativo coevolutivo para otimização conjunta de hiperparâmetros em modelos ARIMA, SVR e MLP
- Incorporar uma métrica de **diversidade** para gerar ensembles complementares e robustos
- Avaliar o impacto de dois mecanismos de seleção: **torneio** e **aleatório**

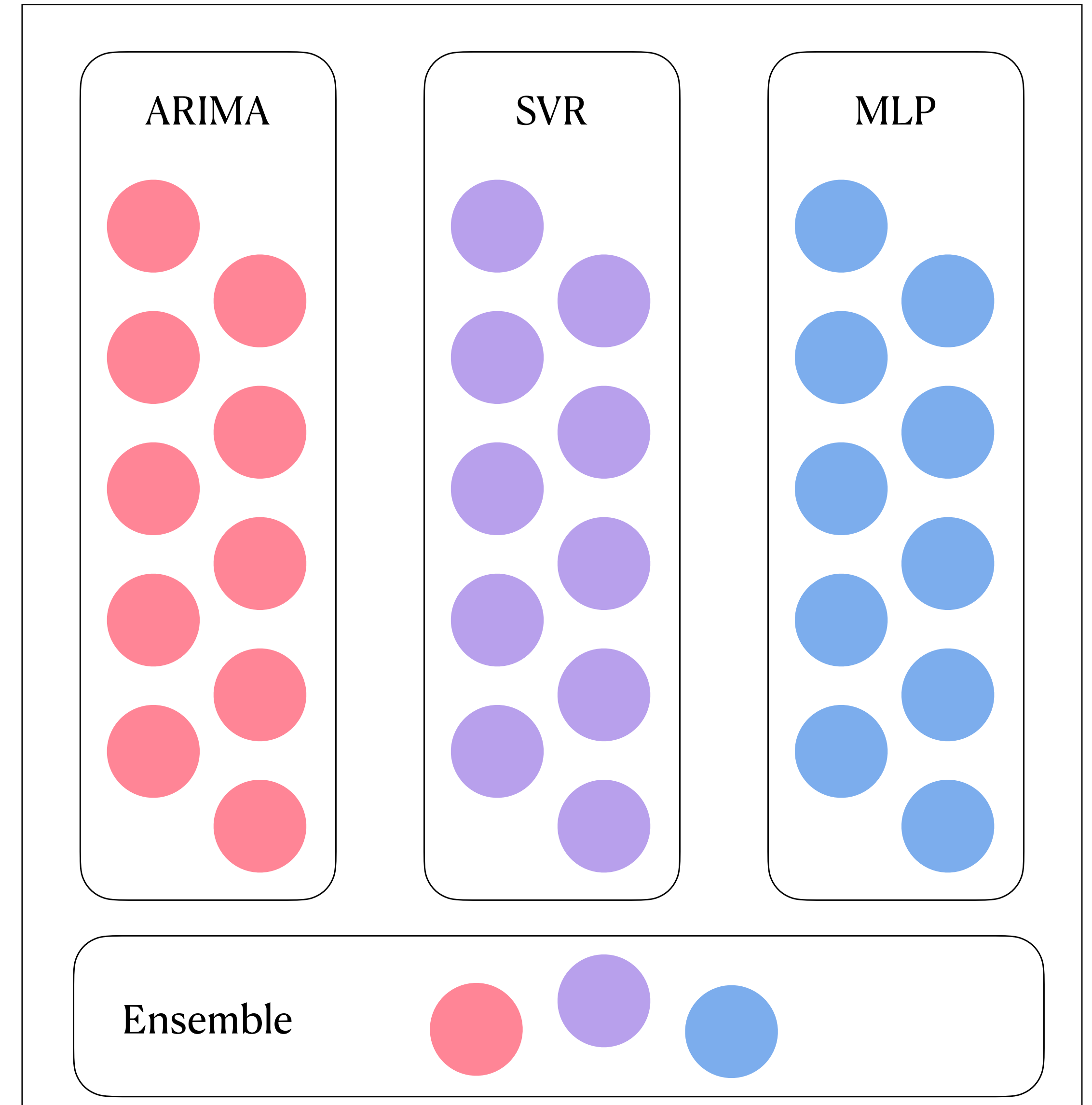


# Modelos

- ARIMA: padrões lineares
  - $p, d, q$
- SVR: padrões não-lineares
  - Kernel,  $c$ , gamma, epsilon
- MLP: padrões complexos não-lineares
  - N° de neurônios, taxa de aprendizado
- Ensemble: média das previsões dos 3 modelos

# Metodologia

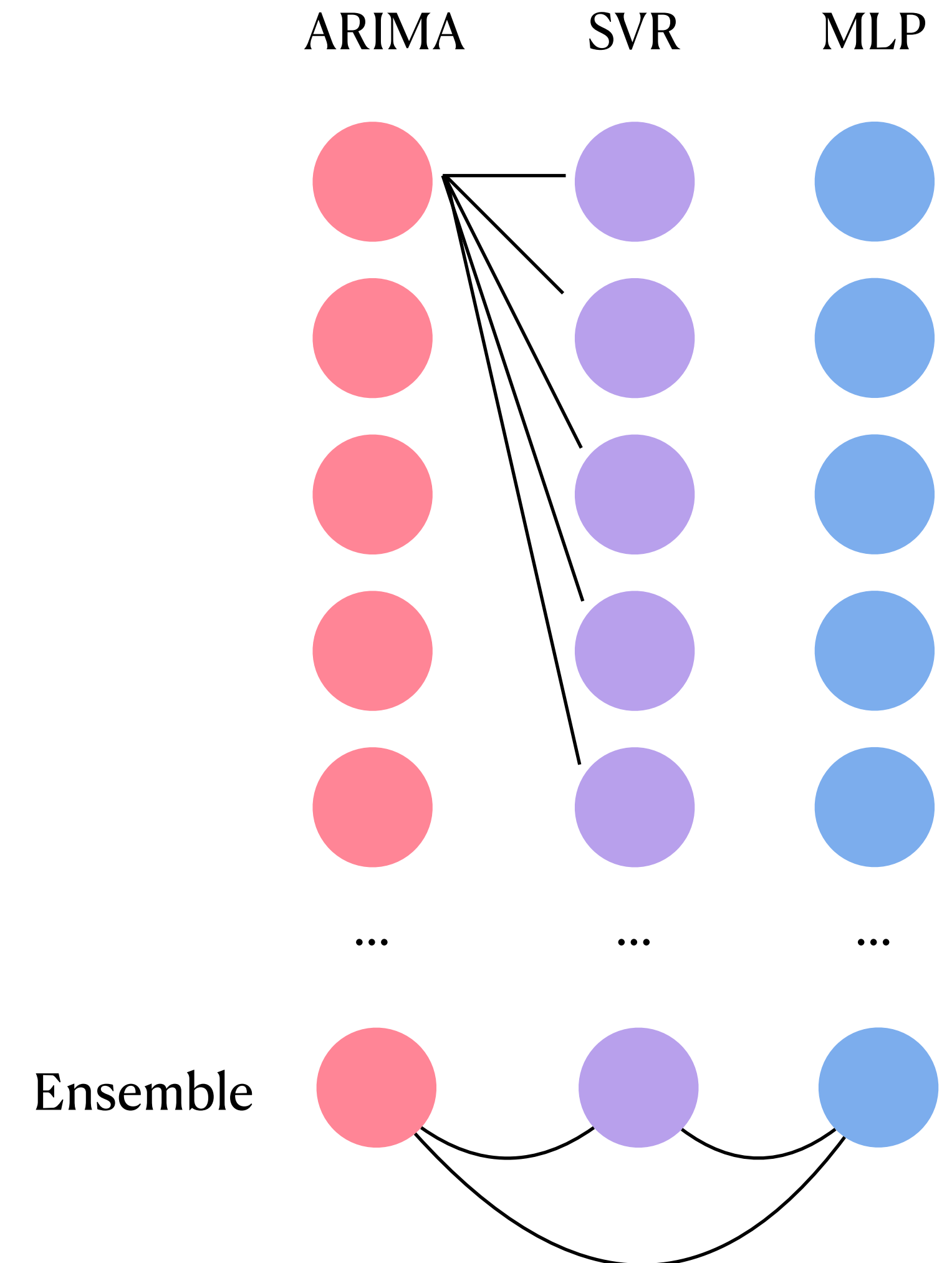
- Abordagem cooperativa coevolutiva:
  - Três populações evoluindo em paralelo (uma por modelo)
  - Avaliação cooperativa: combinação de indivíduos para formar o ensemble
  - Função fitness: 90% desempenho + 10% diversidade



# Metodologia

- Primeiro realiza-se o treino de cada indivíduo (modelo)
- Depois fazemos a predição do conjunto de validação
- Calculamos o fitness score:

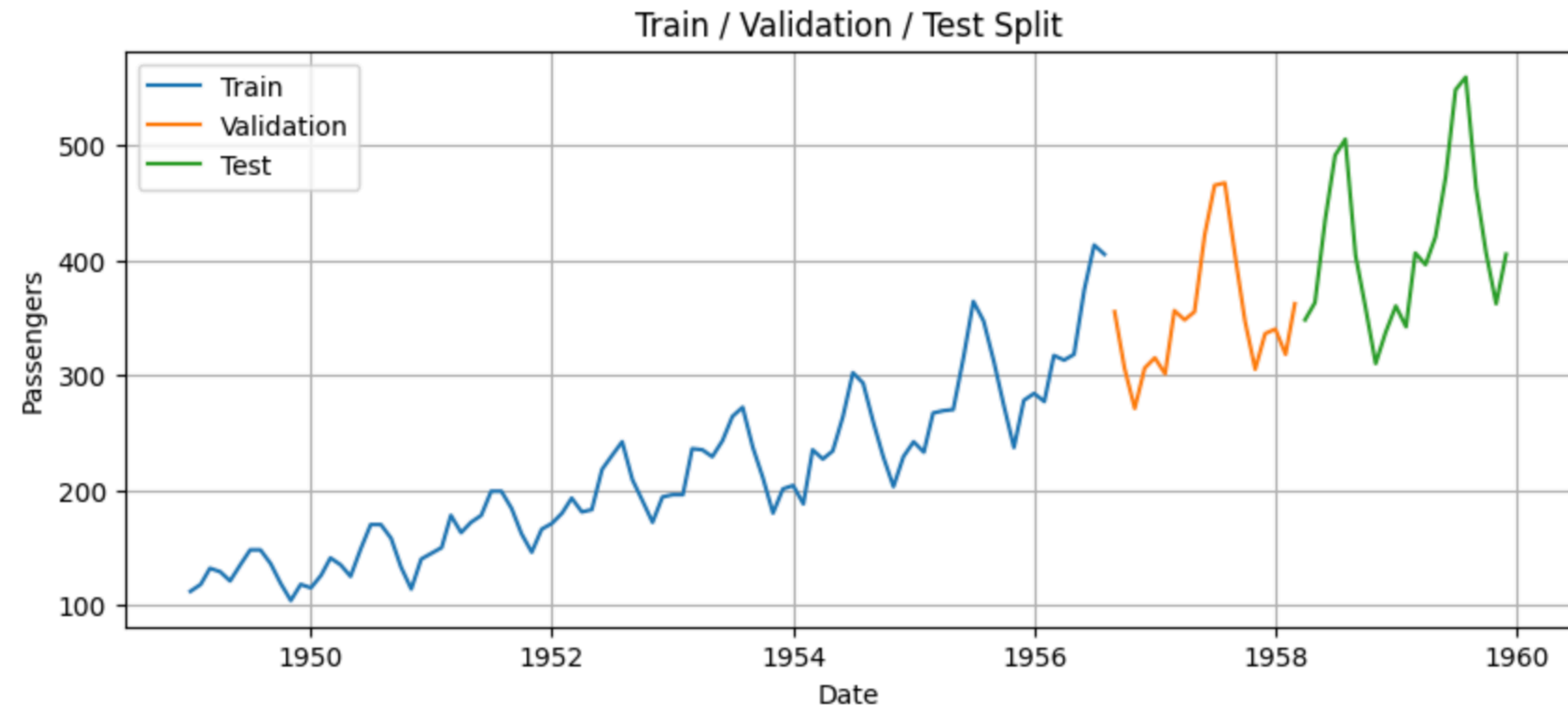
$$\text{Fitness} = 0,9 \cdot \frac{1}{\text{RMSE} + \varepsilon} + 0,1 \cdot \text{Diversidade (MSE)}$$





# Conjunto de Dados

- Air Passengers: Número de passageiros mensais de uma companhia aérea entre 1949 e 1960
- Divisão temporal: 70% treino, 15% validação e 15% teste
- Tarefa: prever o número de passageiros do próximo ano





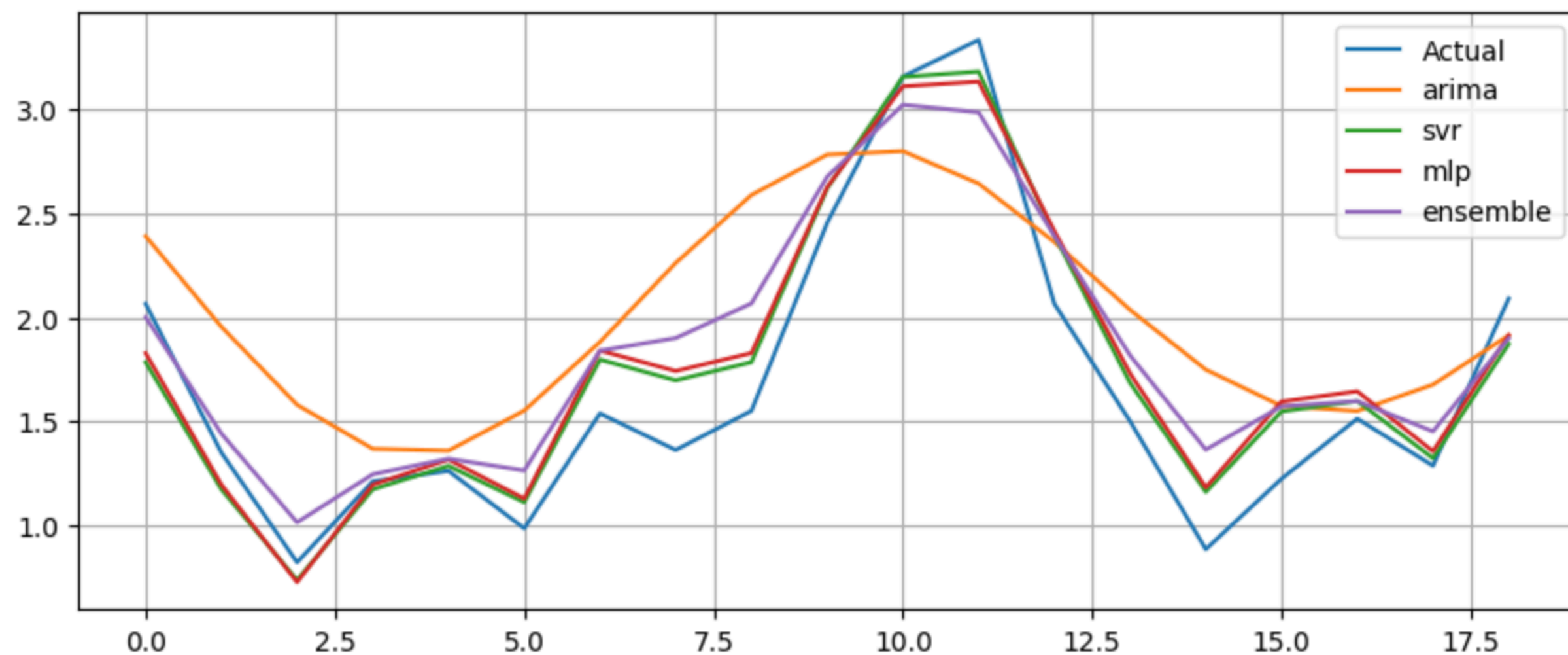
# Experimentos

- Configuração:
  - Algoritmo executado por 100 gerações
  - Cada geração: avaliação cooperativa dos melhores indivíduos de cada população
  - Recombinação (crossover): 0.8
  - Mutação: 0.2
- Métodos comparados:
  - Seleção Aleatória: indivíduos escolhidos ao acaso
  - Seleção por Torneio: grupos aleatórios (3), o melhor é selecionado para reprodução

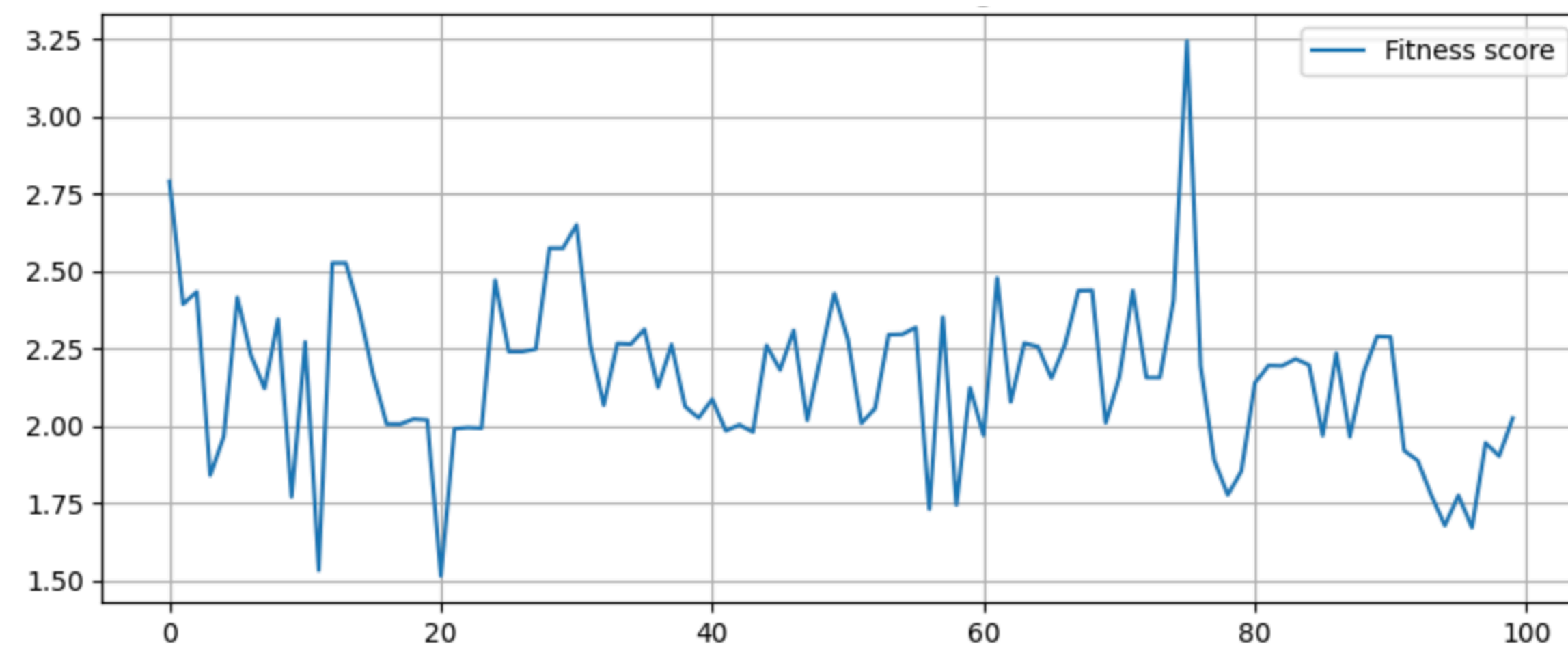
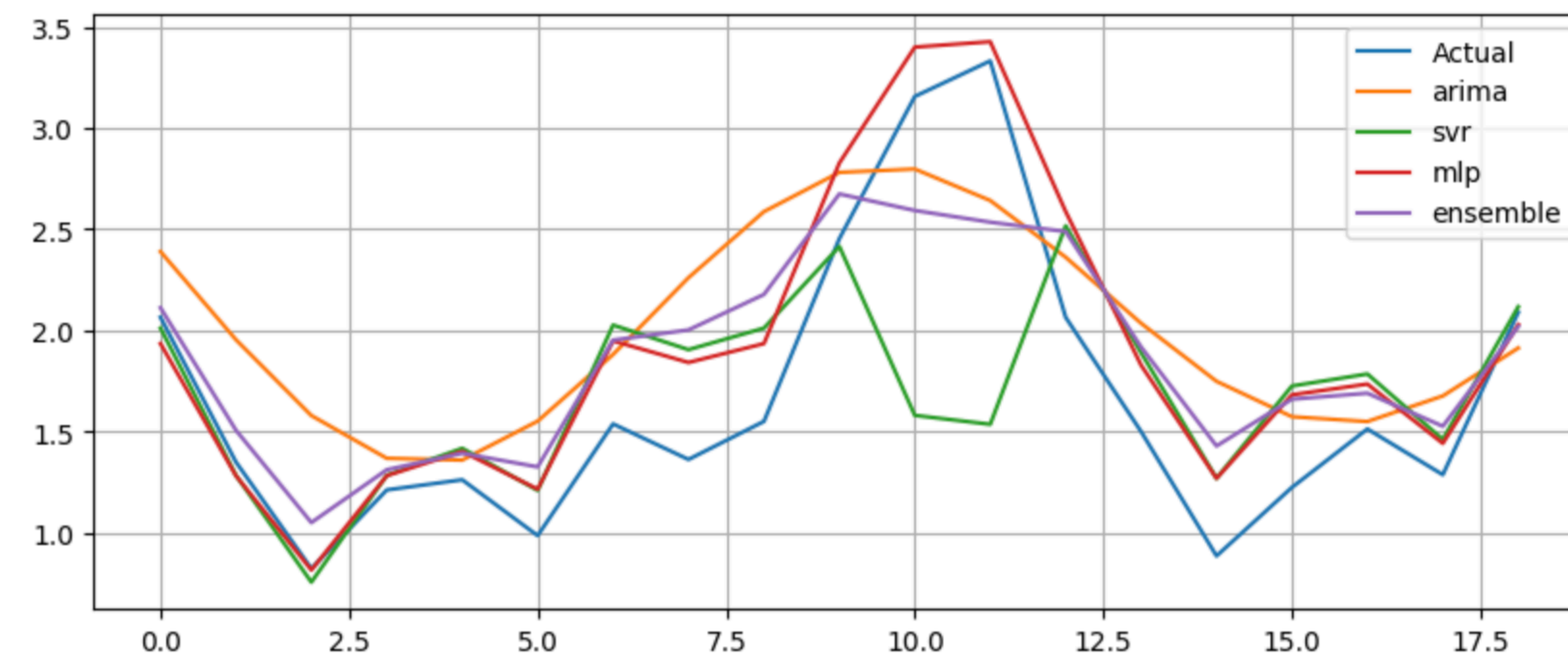
# Resultados

## Seleção aleatória - validação

1º Geração



100º Geração

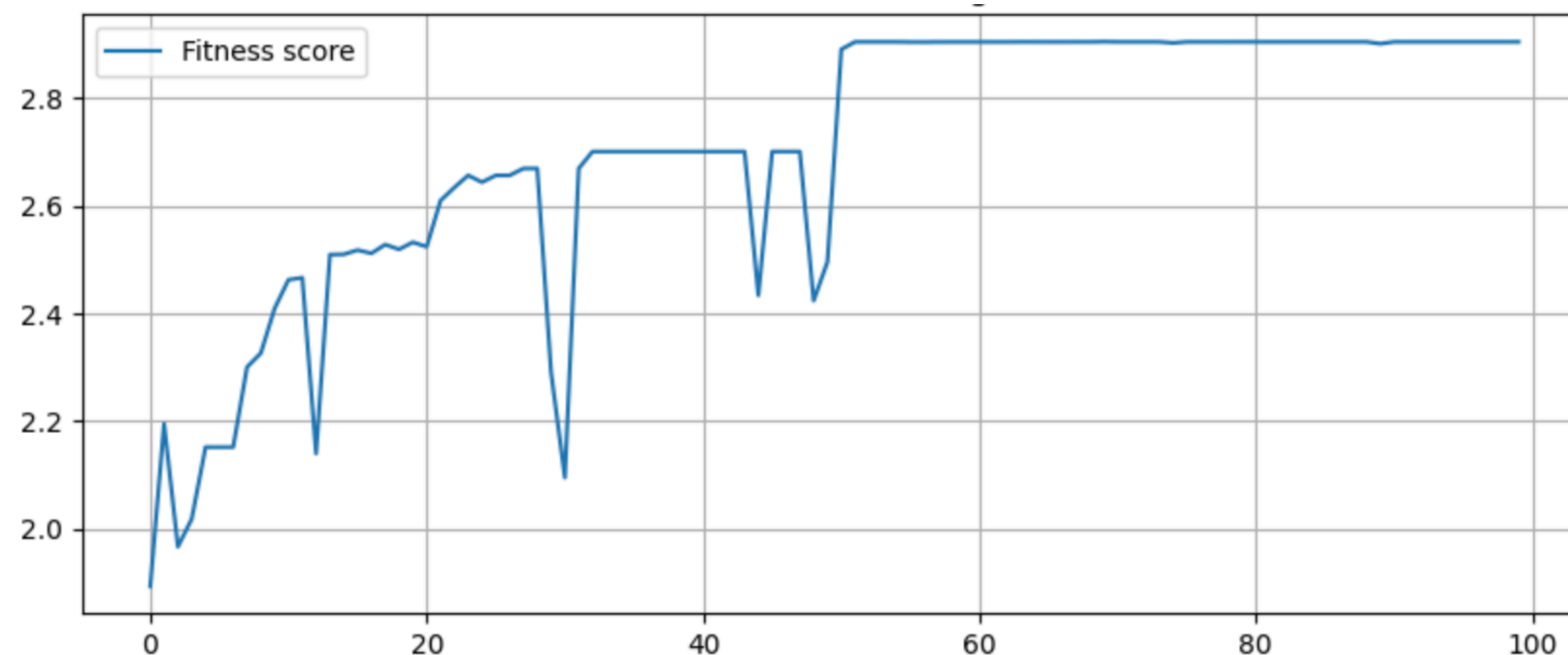
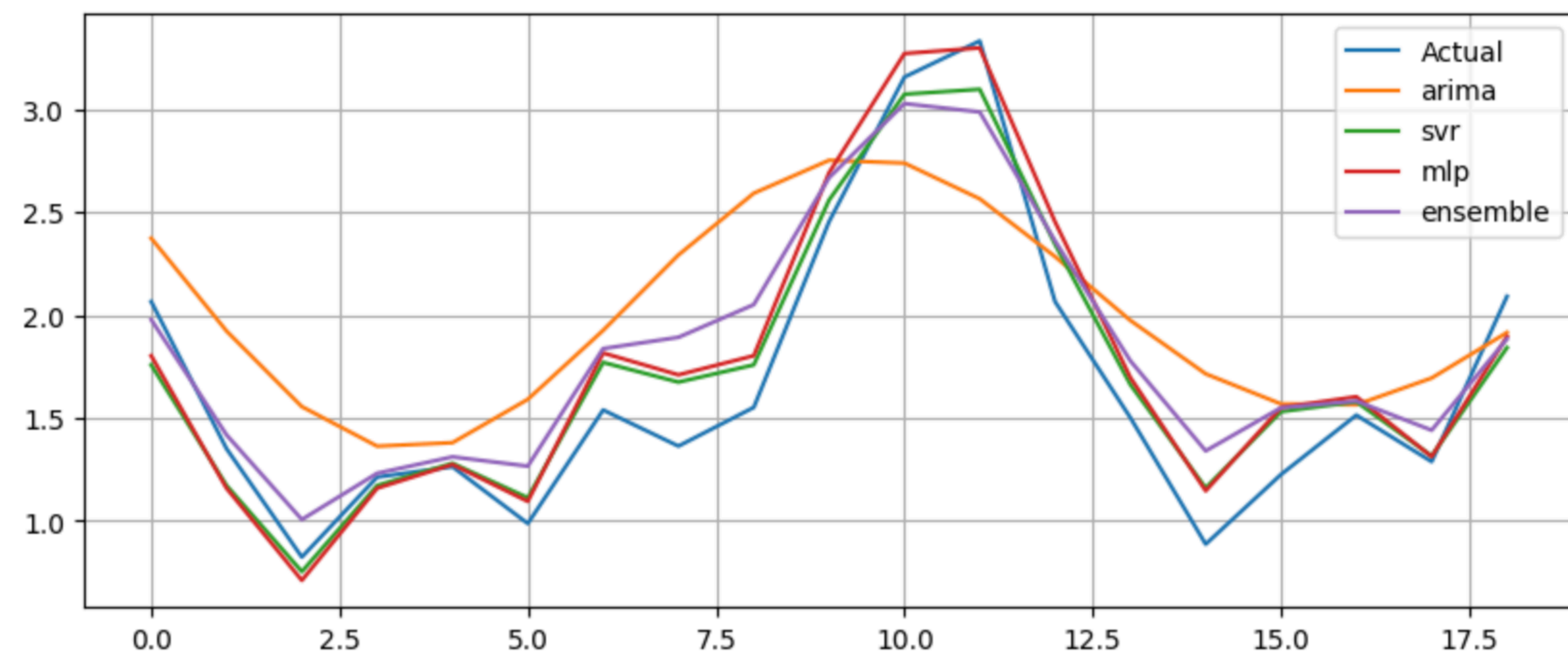
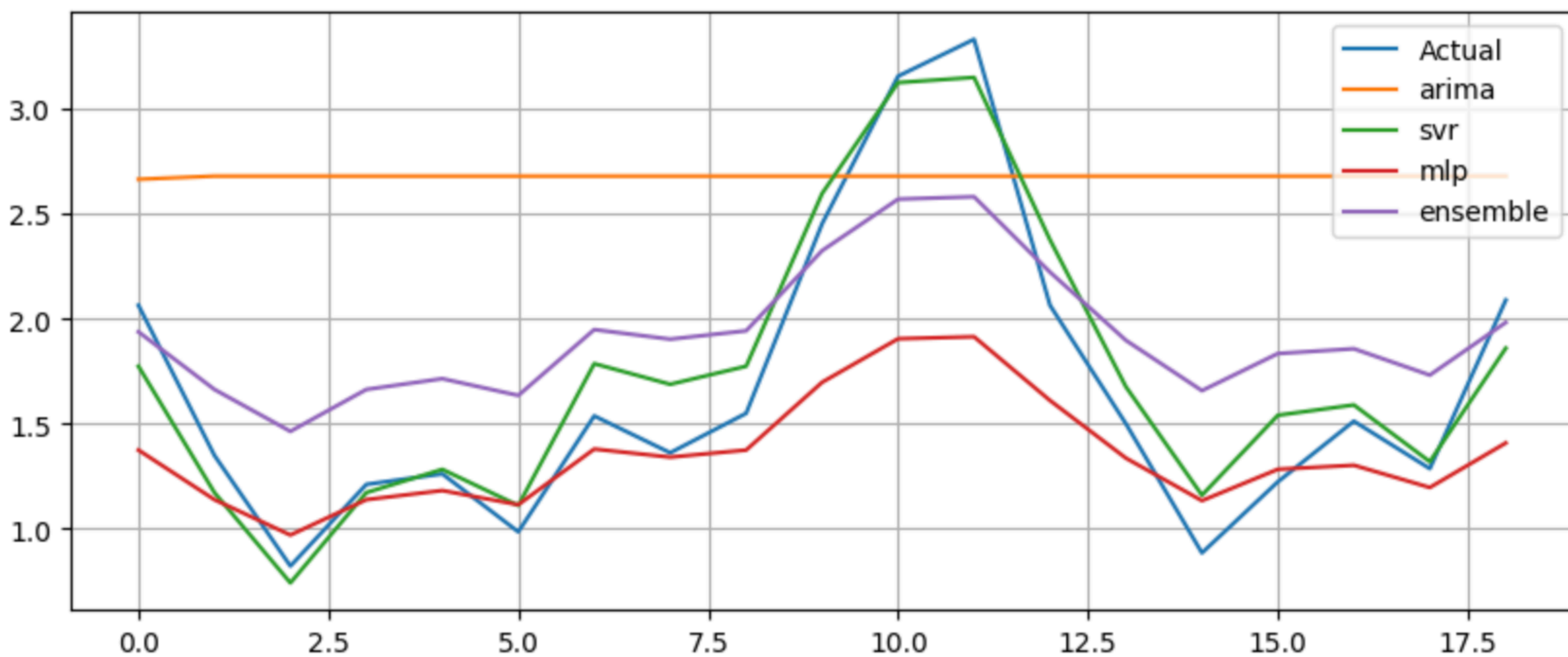


# Resultados

## Seleção por torneio - validação

1º Geração

100º Geração

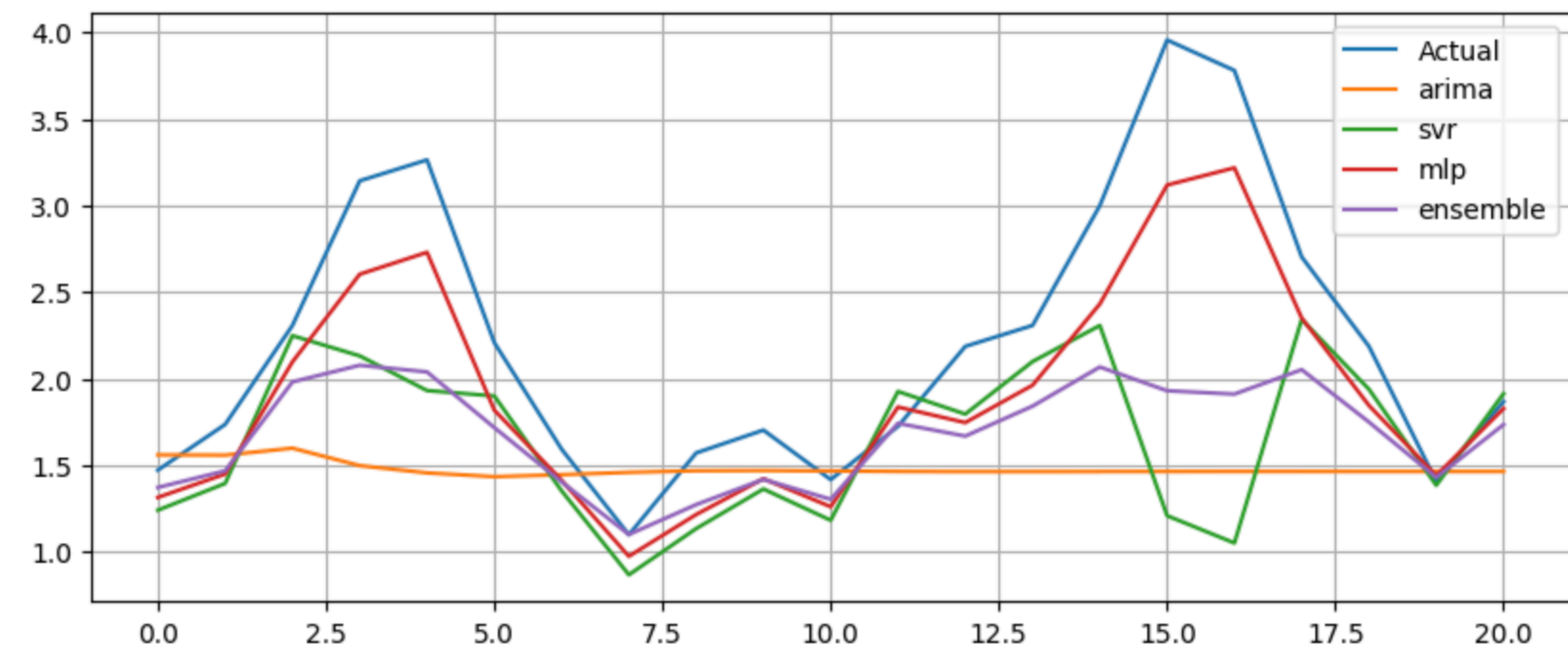




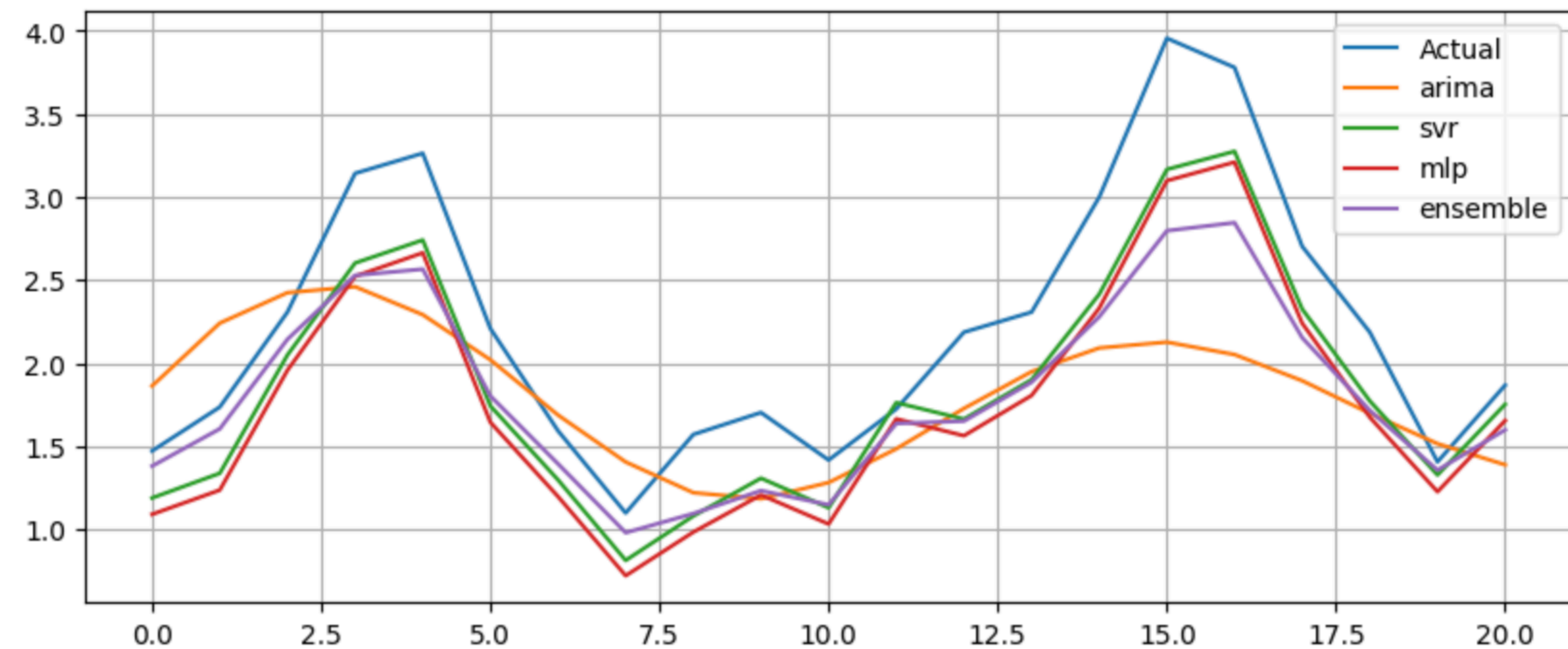
# Resultados

## Teste

### Seleção aleatória



### Seleção por torneio



Método	RMSE	MSE	R²
Seleção aleatória	100.73	10146.66	0.14
Seleção por torneio	<b>80.82</b>	<b>6532.56</b>	<b>0.58</b>

# Conclusão e Trabalhos Futuros

Foi proposto um algoritmo cooperativo coevolutivo para otimizar os hiperparâmetros de modelos heterogêneos aplicados à previsão de séries temporais. O ensemble combina ARIMA, SVR e MLP, com avaliação colaborativa baseada em desempenho preditivo e diversidade. A seleção por torneio superou a aleatória em precisão e estabilidade. A inclusão de uma métrica de diversidade ajudou a evitar a convergência prematura e incentivou a complementaridade entre os modelos.

- Trabalhos futuros:
  - Testar em outros conjuntos de dados
  - Explorar novas métricas de diversidade
  - Usar diferentes composições de modelos base

Obrigado