

Algoritmo Genético de Chaves Aleatórias Viciadas Aplicado ao Planejamento de Competições Esportivas

Samuel J. S. Fonseca

Universidade Federal de Ouro Preto

samfonsec@gmail.com

25 de agosto de 2017

Introdução

Evolução do Esporte

A prática do esporte como forma de lazer ou no contexto profissional se tornou um fator importante e de grande influência no cotidiano das pessoas.

Economia e Negócios

- Eventos esportivos movimentam quantidades enormes de dinheiro e atraem investidores de todos os lugares;
- Este dinheiro gira em torno de patrocínio, salários, contratos, e premiações, além da venda de produtos e ingressos para torcedores.

Gastos

- Os gastos envolvidos em um campeonato incluem investimento em *marketing*, infraestrutura e os custos operacionais, como por exemplo as viagens para enfrentar os adversários;
- Estas viagens são grandes dificuldades enfrentadas pelas equipes, pois consomem muito tempo, dinheiro e afeta diretamente o bem-estar dos jogadores.

Traveling Tournament Problem (TTP)

Traveling Tournament Problem

O Problema

- Dados n times e as distâncias entre as cidades de cada um deles;
- Gerar uma tabela contendo todos o jogos e minimizando a distância.



Versões

Dentre as diferentes versões do TTP existentes, neste trabalho é abordada a versão *Mirrored Traveling Tournament Problem* (mTTP)

- O torneio é dividido em dois turnos;
- O segundo turno possui a mesma sequência de jogos do primeiro, porém, com os mandos de campo invertidos.

Restrições do mTTP

- Os times jogam contra todos os outros uma vez em cada turno;
- Cada time joga apenas uma vez em cada rodada;
- Nenhum time pode jogar mais do que três partidas consecutivas em casa ou fora;
- Duas partidas com os mesmos adversários não podem ocorrer no mesmo turno.

Motivação

Prática

Trata-se de um problema de aplicação prática no contexto esportivo.

- Essencial para o planejamento das tabelas de diversas competições;
- Obtém resultados que diminuem os gastos e o desgaste físico das equipes nas viagens realizadas.

Teórica

Trata-se de um problema NP-Difícil, ou seja, não existe algoritmo conhecido que resolva este problema em tempo polinomial determinístico.

Fundamentação Teórica

Entrada

É representada por uma matriz de distâncias D , em que cada elemento d_{ij} se refere à distância entre as cidades ou estádios das equipes i e j .

	T1	T2	T3	T4
T1	0	489	340	1340
T2	489	0	358	852
T3	340	358	0	1122
T4	1340	852	1122	0

Variável de Decisão

Além da distância, é considerada uma variável binária x_{ij}^k cujo valor é definido da seguinte maneira:

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{se o time } i \text{ joga contra o time } j \text{ na rodada } k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Solução

Uma solução do mTTP consiste em uma tabela ou calendário com todos os jogos do campeonato, respeitando as restrições e minimizando a distância total viajada pelas equipes.

	T1	T2	T3	T4
1	@T3	@T4	T1	T2
2	T4	T3	@T2	@T1
3	T2	@T1	@T4	T3
4	T3	T4	@T1	@T2
5	@T4	@T3	T2	T1
6	@T2	T1	T4	@T3

Valor de uma Solução

A distância total viajada pelas equipes em um torneio pode ser calculada como:

$$Z_{mTTP} = \sum_{k=0}^m \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n x_{ij}^k d_{ij} \quad (1)$$

Função Objetivo

$$\min Z_{mTTP} \quad (2)$$

Metodologia

O Método

O Algoritmo Genético de Chaves Aleatórias Viciadas (*Biased Random-Key Genetic Algorithm*, BRKGA) é uma variação dos Algoritmos Genéticos (AG), que se baseiam na teoria de *Darwin* sobre a evolução das espécies para resolver problemas de otimização combinatória.

- Codificação

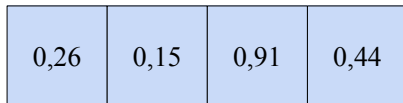


Figura: Representação do cromossomo no BRKGA.

- Decodificação

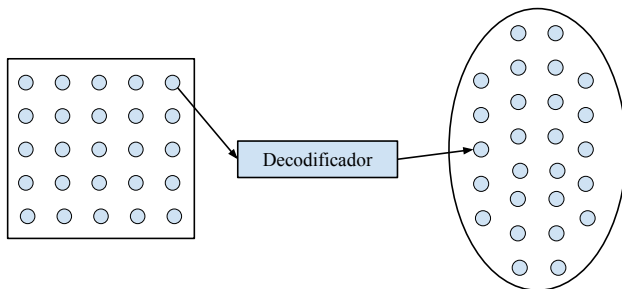


Figura: Esquema de decodificação. Adaptado de Gonçalves e Resende (2011).

- Elitismo;
- Mutação.

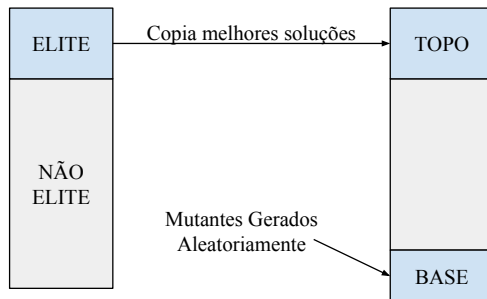


Figura: Elites e mutantes na nova população. Adaptado de Gonçalves e Resende (2011).

• Cruzamento

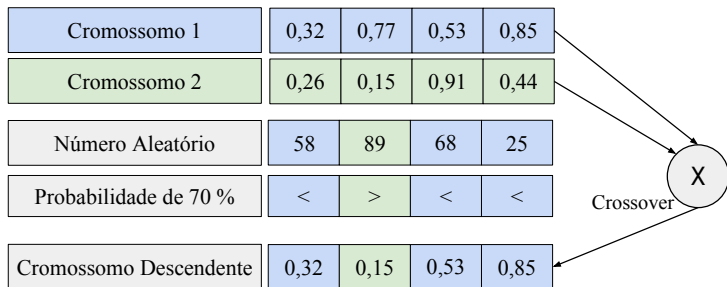


Figura: Exemplo de cruzamento. Adaptado de Gonçalves e Resende (2011).

Desenvolvimento

Representação Computacional

- Os times são representados por números inteiros no intervalo $[0, n)$, com n sendo o número de times participantes;
- Os jogos são indicados por números inteiros no intervalo de $[1, m]$, com $m = n \times (n - 1)/2$;
- As rodadas são compostas por k jogos, em que $k = n/2$.

Exemplo

Para um torneio com quatro times, tem-se os seis possíveis confrontos:

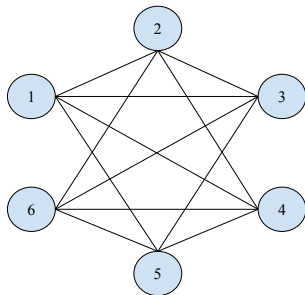
- Jogo 1: 0×1 ;
- Jogo 2: 0×2 ;
- Jogo 3: 0×3 ;
- Jogo 4: 1×2 ;
- Jogo 5: 1×3 ;
- Jogo 6: 2×3 .

Grafo de Conflitos

- É construído um grafo de conflitos que define quais jogos podem ou não acontecer em uma mesma rodada;
- O grafo é representado por uma matriz binária C , em que:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se existe conflito entre os jogos } i \text{ e } j. \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

- Jogo 1: 0×1 ;
- Jogo 2: 0×2 ;
- Jogo 3: 0×3 ;
- Jogo 4: 1×2 ;
- Jogo 5: 1×3 ;
- Jogo 6: 2×3 .



	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0	1
3	1	1	1	0	1	1
4	1	1	0	1	1	1
5	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	1	1	1

Aplicando o BRKGA ao mTTP

Foram realizadas algumas alterações nos principais processos do BRKGA para aplicá-lo ao mTTP, sendo elas:

- Codificação;
 - Geração da população inicial;
- Mutação.
- Cruzamento.

- Codificação

1,26	6,15	4,91	3,44	2,23	5,75
Rodada 1		Rodada 2		Rodada 3	

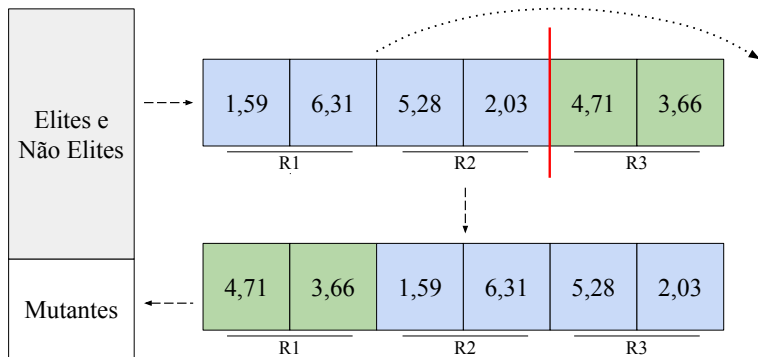
- Decodificação

Rodadas	Jogos	
1	1×0	3×2
2	1×2	3×0
3	2×0	1×3
4	0×1	2×3
5	2×1	0×3
6	0×2	3×1

- Cruzamento

Elite	1,59	6,31	5,28	2,03	4,71	3,66
	R1		R2		R3	
Não Elite	4,21	3,78	6,15	1,93	2,57	5,90
	R1		R2		R3	
Filho	1,59	6,31	4,21	3,78	5,28	2,03
	R1		R2		R3	

- Mutação




Buscas Locais

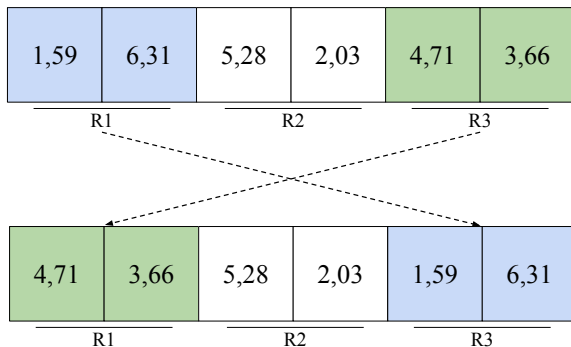
- *Home-away Swap*



- *Team Swap*

	1,59	6,31	5,28	2,03	4,71	3,66
Jogos:	1 x 2	4 x 3	4 x 2	3 x 1	2 x 3	1 x 4
						
	3,59	4,31	5,28	2,03	6,71	1,66
Jogos:	1 x 4	2 x 3	4 x 2	3 x 1	4 x 3	1 x 2

- *Round Swap*



Diversificação do conjunto Elite

- Remover indivíduos com *fitness* iguais;
- Substituí-los por mutantes;
- Ordenar a população.

Experimentos

Instâncias

As instâncias utilizadas nos experimentos são referentes ao site oficial do pesquisador Michael Trick^a. Elas possuem tamanhos variados e são separadas em 3 conjuntos:

- Circulares;
- *National League* (NL);
- Campeonato Brasileiro de 2003.

^a<http://mat.gsia.cmu.edu/TOURN/>

Tabela: Comparação dos resultados para as instâncias circulares.

Instância	B^*	S^*	S	T	gap	σ
circ4	20	20	20,00	0,17	0,00%	0,00
circ6	72	72	72,00	1,10	0,00%	0,00
circ8	140	148	154,40	4,16	5,71%	3,63
circ10	272	310	317,00	12,50	13,97%	4,92
circ12	432	532	548,80	30,85	23,15%	9,05
circ14	672	856	871,40	67,74	27,38%	9,80
circ16	968	1.306	1.319,00	134,34	34,92%	7,56
circ18	1.306	1.844	1874,80	257,04	41,19%	13,83
circ20	1.852	2.544	2587,40	452,95	37,37%	20,89

Comparação dos Métodos

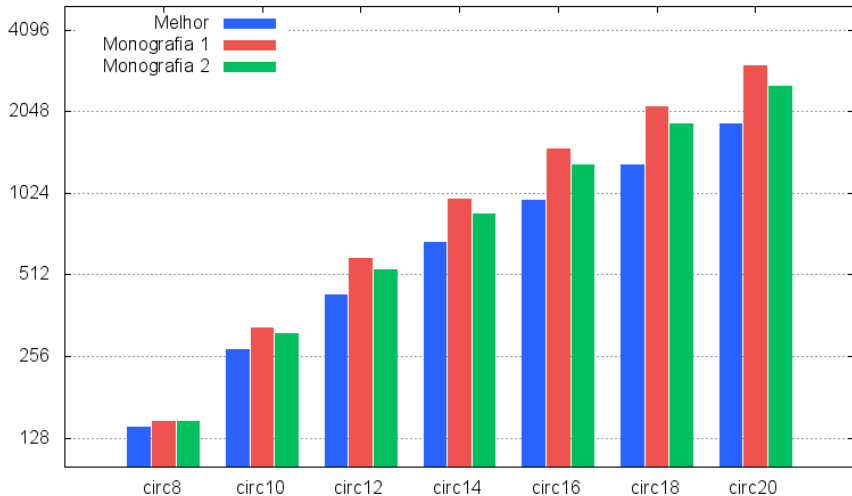


Tabela: Comparação dos resultados para as instâncias NL.

Instância	B^*	S^*	S	T	gap	σ
nl4	8.276	8.276	8.276,00	0,17	0,00%	0,00
nl6	26.588	26.588	26.658,20	1,11	0,00%	62,31
nl8	41.928	43.732	44.470,20	4,15	4,30%	356,90
nl10	63.832	71.488	73.193,20	12,55	11,99%	1.019,33
nl12	119.608	138.966	140.214,40	30,95	16,18%	981,84
nl14	199.363	256.551	260.991,70	67,68	28,69%	2.366,47
nl16	278.305	355.954	367.911,60	134,37	27,90%	5.437,43

Comparação dos Métodos

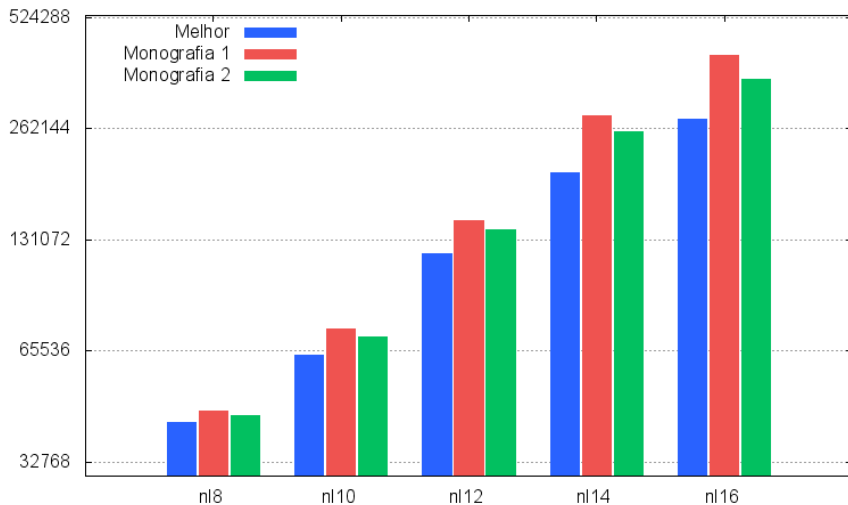
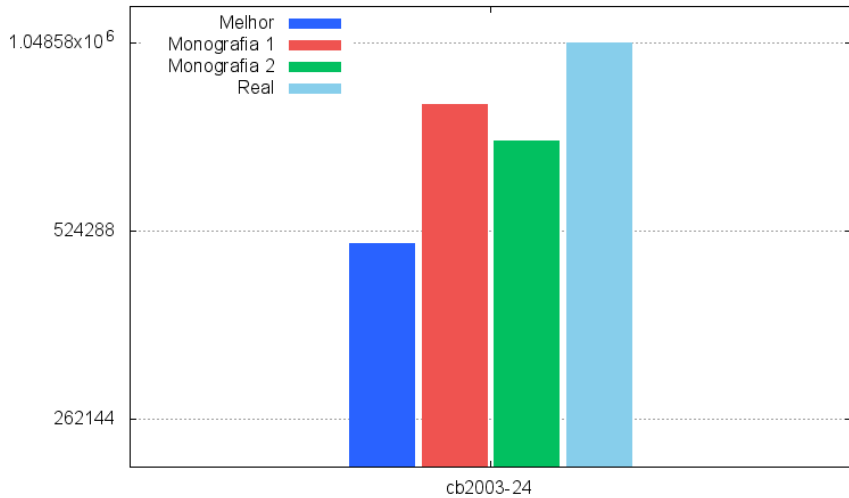


Tabela: Comparação dos resultados para a instância do Campeonato Brasileiro de 2003.

Instância	B^*	S^*	S	T	gap	σ
cb2003_24	500.756	731.629	738.638,70	1.243,24	46,10%	4.970,11

Comparação dos Métodos



- Importante problema no contexto esportivo, por se tratar de renomadas competições que contam com um forte envolvimento de dinheiro;
- Realizadas alterações significativas no processo do BRKGA, aumentando a dificuldade na implementação e afetando a eficiência do método;
- Método proposto apresentou bons resultados para as instâncias pequenas, apesar de perder qualidade na solução à medida que o tamanho das instâncias foi aumentando. Métodos de busca local melhoraram as soluções obtidas inicialmente;
- Trabalhos futuros incluem o aprimoramento do método proposto, a realização de novos experimentos computacionais e análises adicionais à nova versão do método.