

# TEORIA DOS GRAFOS APLICADA AO CAMPEONATO BRASILEIRO 2003

Sérgio Bortolin Júnior<sup>1</sup> e Alessandro Girardi<sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo apresenta um novo tipo de regulamento de pontos para o futebol com base na teoria dos grafos, mostrando ao leitor noções sobre essa matéria. Após, compara a classificação original do Campeonato Brasileiro de Futebol do ano de 2003 aos resultados obtidos com o método proposto.

## ABSTRACT

This paper presents a new punctuation rule for soccer, with base in the Graph Theory, showing basic notions about this subject. After, a comparison is made between the original 2003 Brazilian Soccer Championship and the results obtained by the proposed methodology.

## 1. INTRODUÇÃO

São raras as inquietações e rumores sobre o regulamento de pontos do futebol. A simples notação 3 pontos para cada vitória e 1 para cada empate pode passar despercebida para nós, pois é uma maneira que beneficia apenas os times vitoriosos, levando-se em consideração que as relações existentes entre os resultados são completamente independentes uma das outras. Desta maneira, qualquer vitória sobre qualquer equipe trará sempre os mesmos privilégios e prejuízos para o time vencedor e o derrotado.

Em face disso, é de se perguntar se o regulamento de pontos dos campeonatos de futebol é mesmo justo com todas as equipes. Neste artigo, será mostrada a Teoria dos Grafos aplicada ao Campeonato Brasileiro, apresentando uma técnica chamada “Grafos Dirigidos por Dominância”, em que as equipes mais bem colocadas são as que derrotam uma outra equipe ou que derrotam um time que venceu uma equipe que a derrotou.

## 2. APLICAÇÃO DA TEORIA DOS GRAFOS NO CAMPEONATO BRASILEIRO

O regulamento padrão de pontos do Campeonato Brasileiro de futebol pode não ser o mais adequado.

---

<sup>1</sup> Acadêmico 3º semestre – Informática, Urcamp, Campus Alegrete

<sup>2</sup> Professor do curso de Informática, Urcamp, Campus Alegrete

Mostraremos alguns métodos embasados na Teoria dos Grafos. Antes, porém, apresentaremos noções básicas sobre grafos e a técnica denominada “Grafos Dirigidos por Dominância” (GDD).

Um grafo é um conjunto de elementos em que existe ou não uma relação entre eles, sendo que a relação é definida como aresta e os elementos como vértices.

Existem dois tipos de grafos: grafos orientados e grafos não orientados. Enfatizaremos o primeiro. Um grafo orientado  $G$ , também chamado grafo dirigido, é um par  $(V,E)$ , onde  $V$  é um conjunto finito, e  $E$  é uma relação binária em  $V$ . O conjunto  $V$  é chamado conjunto de vértices de  $G$ , e o conjunto  $E$  é chamado conjunto de arestas de  $G$ .

A figura 1 abaixo é a representação gráfica de um grafo.

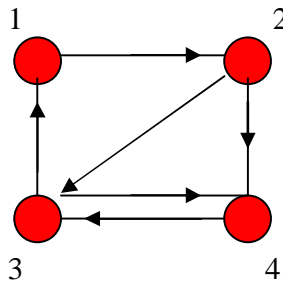


Figura 1 - Exemplo de um grafo

$$V = \{1,2,3,4\}$$

$$E = \{(1,2), (2,3), (2,4), (3,1), (3,4), (4,3)\}$$

Um grafo não somente é representado de uma maneira gráfica, mas também através de uma matriz, que é a forma em que os grafos estão dispostos na memória de um computador. Abaixo, a matriz do grafo anterior.

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Onde  $M_{ij} = 1$  se  $V_i \rightarrow V_j$  ou  $M_{ij} = 0$  caso contrário, sendo que  $i$  é o índice que representa a linha da matriz e  $j$  a coluna.

Baseado na teoria dos grafos, apresentaremos agora o GDD. Um GDD é um grafo dirigido tal que, para qualquer par de vértices distintos  $V_i$  e  $V_j$ , ou  $V_i \rightarrow V_j$  ou  $V_j \rightarrow V_i$ , mas não ambos.

Nosso grafo acima não é um GDD, pois  $V_3 \rightarrow V_4$  e  $V_4 \rightarrow V_3$ .

Um exemplo prático de GDD é um torneio de tênis, em que há  $n$  equipes esportivas em que cada equipe joga uma vez com cada uma das outras e não são permitidos empates. Se  $V_i \rightarrow V_j$  significa que  $V_i$  derrota  $V_j$ .

O grafo da figura 2 é um exemplo de GDD.

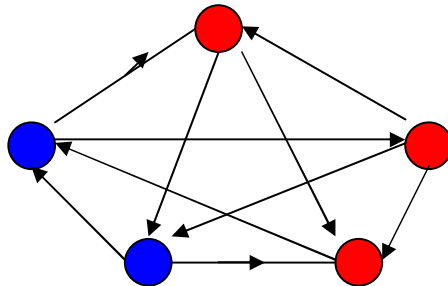


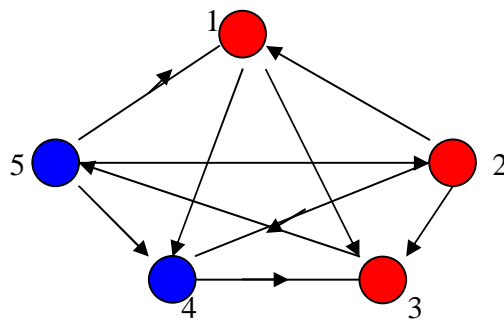
Figura 2 - Exemplo de um GDD

Os vértices azuis têm a seguinte propriedade interessante: em cada um deles existe uma conexão de 1 ou de 2 passos (de 1 ou de 2 arestas) para cada outro vértice do grafo.

Estes vértices correspondem às equipes mais poderosas, que ou derrotam uma outra equipe ou derrotam uma equipe que derrota esta outra equipe.

Existe uma maneira simples de encontrar tais vértices, usando a matriz de vértices  $M$  e seu quadrado  $M^2$ . A soma dos elementos da  $i$ -ésima linha da matriz  $A = M + M^2$  é o número total de conexões de 1 e de 2 passos de  $V_i$  para os outros vértices. Em outras palavras, uma linha de  $A = M + M^2$  com maior soma de entradas identifica um vértice como o vértice mais poderoso (Anton, 2001).

Exemplo: Suponha que o grafo abaixo é o resultado das partidas do torneio de tênis de 5 jogadores.



Primeiramente, construímos a matriz  $M$ :

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

E então  $A = M + M^2$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 2 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Soma das entradas da 1ª linha de A : 4;  
(Poder do tenista  $V_1 = 4$ );  
Soma das entradas da 2ª linha de A : 8;  
(Poder do tenista  $V_2 = 8$ );  
Soma das entradas da 3ª linha de A : 2;  
(Poder do tenista  $V_3 = 2$ );  
Soma das entradas da 4ª linha de A : 4;  
(Poder do tenista  $V_4 = 4$ );  
Soma das entradas da 5ª linha de A : 7;  
(Poder do tenista  $V_5 = 7$ );

Isto mostra que  $V_2$  (1º colocado),  $V_5$  (2º colocado),  $V_1$  e  $V_4$  (empatados em 3º),  $V_3$  (último) é classificação dos tenistas de acordo com seu poder.

Mas como aplicar o GDD ao futebol se nesse esporte há a possibilidade de empates?

Inicialmente, preenchamos toda a tabela do 1º e do 2º turno em dois arquivos texto. Desenvolvemos um programa em linguagem C que lê tais arquivos e preenche a matriz M com os resultados correspondentes, em um primeiro momento colocando 3 pontos para vitórias, 1 para empates e 0 para derrotas, exatamente como o atual regulamento. Mas surge outro problema: de que maneira preencher esta matriz se no campeonato há dois jogos entre cada time (turno e retorno)? Para contornar esse problema fizemos com que o algoritmo primeiro acumule na matriz M somente os resultados do primeiro turno, e depois some cada entrada de M com o valor correspondente do segundo turno.

Logo após, o programa executa o cálculo  $A = M + M^2$ , obtendo a matriz A com resultados consideráveis.

A tabela 1 mostra a classificação original do campeonato do ano e 2003. Os 4 melhores colocados classificam-se para a Copa Libertadores e os 2 últimos são rebaixados para a segunda divisão.

Tabela 1 - Classificação original do Campeonato Brasileiro de Futebol de 2003

Posição	Time	Pontos	Vitórias	Empates	Derrotas
1	Cruzeiro	100	31	7	8
2	Santos	87	25	12	9
3	São Paulo	78	22	12	12
4	São Caetano	74	19	14	13
5	Coritiba	73	21	10	15
6	Internacional	72	20	10	16
7	Atlético-MG	72	19	15	12
8	Flamengo	66	18	12	16
9	Goiás	65	18	11	17
10	Paraná	65	18	14	17
11	Figueirense	65	17	14	15
12	Atlético-PR	61	17	10	19
13	Guarani	61	17	10	19
14	Criciúma	60	17	9	20
15	Corinthians	59	15	12	19
16	Vitória	56	15	11	20
17	Vasco	54	13	15	18
18	Juventude	53	12	14	20
19	Fluminense	52	13	11	22
22	Grêmio	50	13	11	22
21	Ponte Preta	50	11	18	17
22	Paysandu	49	15	12	19
23	Fortaleza	49	12	13	21
24	Bahia	46	12	10	24

Agora, com GDD colocando 3 para vitória e 1 para empate, temos o resultado mostrado na tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do campeonato utilizando-se GDDs com 3 pontos para vitória e 1 para empate

Posição	Time	Pontos
1	Cruzeiro	3086
2	Santos	2949
3	São Paulo	2903
4	Coritiba	2598
5	Goiás	2428
6	São Caetano	2327
7	Atlético-MG	2328
8	Flamengo	2272
9	Figueirense	2205
10	Inter	2168
11	Guarani	2124

12	Vasco	2084
13	Paraná	1956
14	Atlético-PR	1940
15	Fortaleza	1924
16	Juventude	1826
17	Paysandu	1811
18	Vitória	1721
19	Criciúma	1606
20	Ponte Preta	1439
21	Corinthians	1421
22	Grêmio	1413
23	Fluminense	1412
24	Bahia	1242

Observe que ocorreram várias alterações na ordem de classificação, algumas bruscas: o Corinthians passou do 14º para o 21º lugar. O Coritiba estaria classificado para a copa Libertadores, não o São Caetano. O Fortaleza não seria rebaixado, e sim, o Fluminense. Agora, vamos colocar 2 para vitórias e 1 para empates, de acordo com a tabela 3.

Tabela 3 - Classificação do campeonato utilizando-se GDDs com 2 pontos para vitória e 1 para empate

<b>Posição</b>	<b>Time</b>	<b>Pontos</b>
1	Santos	1650
2	Cruzeiro	1618
3	São Paulo	1611
4	Coritiba	1426
5	Atlético – MG	1398
6	Goiás	1325
7	São Caetano	1300
8	Flamengo	1286
9	Figueirense	1258
10	Guarani	1251
11	Vasco	1238
12	Internacional	1173
13	Fortaleza	1151
14	Paraná	1131
15	Juventude	1104
16	Atlético – PR	1086
17	Paysandu	1049
18	Vitória	990
19	Criciúma	970
20	Ponte Preta	933
21	Grêmio	857
22	Corinthians	823
23	Fluminense	820

24	Bahia	722
----	-------	-----

Com esse regulamento a honra ao mérito do Cruzeiro torna-se contestável: o Santos seria o campeão. Isto se deve ao fato de o Santos ter empatado mais partidas que o Cruzeiro. O Fortaleza avançou 10 posições na tabela, pois certamente venceu equipes que derrotaram uma equipe que ele perdeu.

Agora repare a tabela 4 com 1 ponto para vitórias e 0 para empates, assim como é o exemplo do torneio de tênis:

Tabela 4 - Classificação do campeonato utilizando-se GDDs com 1 ponto para vitória e 0 para empate

Posição	Time	Pontos
1	Cruzeiro	249
2	Santos	209
3	São Paulo	205
4	Coritiba	191
5	Goiás	178
6	Inter	165
7	São Caetano	162
8	Flamengo	153
9	Figuerense	148
10	Atlético-PR	137
11	Paraná	126
12	Guarani	125
13	Atlético MG	122
14	Vasco	122
15	Vitória	113
16	Paysandu	110
17	Fortaleza	108
18	Juventude	98
19	Corinthians	89
20	Fluminense	89
21	Criciúma	87
22	Bahia	76
23	Grêmio	75
24	Ponte preta	74

Com esse regulamento a situação irremediável do último colocado Bahia se modifica, no entanto, esse método é questionável, pois uma equipe que empata  $n$  partidas tem a mesma quantidade de pontos de outra que perde  $n$  partidas, ou seja, zero.

### 3. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou três métodos para determinação dos pontos das equipes de futebol em um campeonato por pontos corridos. Vê-se, sem nenhuma sombra de dúvida, que a viabilidade da técnica GDD se sobressai principalmente no primeiro caso (3 pontos para vitória e 1 para empate), já que no geral as alterações não foram tão drásticas e a técnica demonstrou um bom comportamento. O novo regulamento proposto é mais justo que o atualmente utilizado porque premia as equipes que derrotam não só uma outra equipe, mas também as que derrotam um time que venceu uma equipe que a derrotou. Pode-se constatar, entretanto, algumas disparidades na colocação final das equipes quando atribui-se 1, 2 ou 3 pontos para o caso de vitória.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTON, Howard, RORRES, Chris; Álgebra Linear com aplicações; Ed. Bookman; Porto Alegre, 2001.

CORMEN, Thomas H. et al; Algoritmos - Teoria e Prática; Ed. Campus; Rio de Janeiro, 2002.