

## REDES COMPLEXAS APLICADAS AO ESTUDO DE JOGOS ONLINE

Carlos Henrique Batistela (PIBIC/UEM), Haroldo Valentin Ribeiro (Orientador), e-mail: ra98287@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá/Centro de Ciências Exatas/Maringá, PR

### FÍSICA/FÍSICA ESTATÍSTICA E TERMODINÂMICA

**Palavras-chave:** Sistemas Complexos, Redes Complexas, Análise de Dados.

#### Resumo:

Apresentamos uma investigação quantitativa sobre as interações competitivas entre jogadores e equipes de um *ciberesporte* bastante popular (*Dota 2*). Nossos resultados mostram que ferramentas de rede e sistemas complexos são bastante úteis para analisar esse sistema. Entre outros resultados, encontramos que equipes com maior número de partidas tendem a ser mais vencedoras e que a escolha conjunta dos heróis do jogo tem papel importante no resultado da partida. Identificamos ainda as melhores equipes desse *ciberesporte* usando uma abordagem de redes.

#### Introdução

O estudo científico de redes complexas é uma área interdisciplinar que combina conceitos de matemática, física, biologia, ciência da computação e estatística [1]. A onipresença de investigações envolvendo redes complexas pode ser atribuída, ao menos em parte, ao fato desse tipo de modelo ser uma excelente primeira aproximação para diversos sistemas complexos nos quais interessa apenas se existe ou não interação entre suas partes. Além disso, pode ser muito complicado definir detalhes da interação entre partes de um sistema complexo (principalmente aqueles de natureza social ou biológica) e, do ponto de vista prático, muitas vezes esse tipo de informação sequer está disponível [2]. Apesar da enorme simplificação que uma descrição baseada em redes complexas pode representar, é comum a emergência de diversos padrões relacionados à topologia da rede. Diferentemente de sistemas simples, nos quais as interações ocorrem apenas entre primeiros vizinhos (gerando uma rede completamente regular), os padrões em redes complexas podem ser muito mais informativos e reveladores sobre a dinâmica do sistema em estudo. Nesse contexto, esse trabalho emprega conceitos e métodos de redes complexas para tentar identificar e descrever interações competitivas entre jogadores e equipes de elite de *Dota 2*, um jogo de computador *multiplayer* muito popular lançado em 2013, que, além de ser considerado um *ciberesporte*, conta com diversos torneios internacionais de grande público, como o "*The International*", cujas premiações ultrapassam as cifras de milhões de dólares.

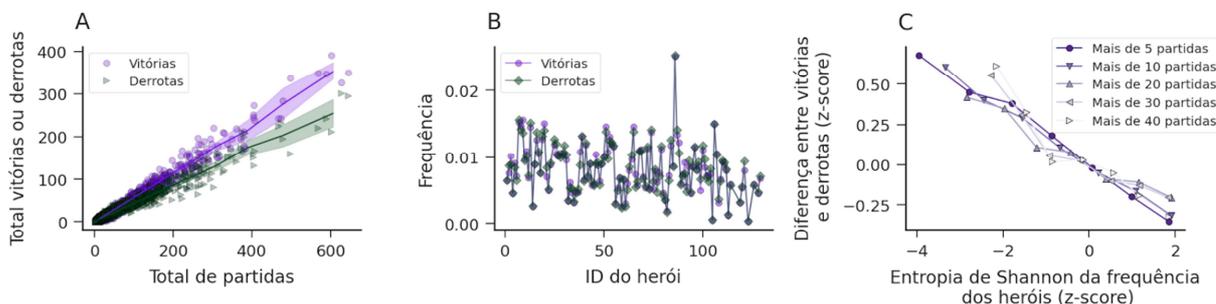
#### Materiais e Métodos

Os dados usados neste estudo foram coletados do *site opendota.com* de forma automatizada utilizando-se de sua API. Foram obtidas informações de 219074 partidas entre 42847 equipes distintas (definidas como grupos idênticos de jogadores) que disputaram os principais torneios de *Dota 2* entre 2013 e 2021. Essas informações incluem o resultado de cada partida e também o herói utilizado por cada um dos 5 jogadores de cada equipe. Esses dados foram organizados, filtrados e analisados utilizando as bibliotecas *pandas* e *numpy* da linguagem de programação *python*. Além disso, construímos dois tipos de redes complexas. Na primeira, cada vértice corresponde a um dos 120 heróis e as ligações entre eles indicam pares de heróis escolhidos simultaneamente por uma equipe em uma dada partida. Essas ligações são ainda ponderadas pela frequência de ocorrência de cada par de heróis em todas as partidas. Por sua vez, na segunda rede, cada vértice representa uma equipe. Se uma dada equipe *A* vencer uma partida contra uma outra equipe *B*, então vai haver uma ligação direcionada da equipe *B* para a equipe *A*. Essas ligações são ainda ponderadas pelo número de vitórias. Essas redes foram analisadas usando as bibliotecas *networkx* e *graph-tool*.

## Resultados e Discussão

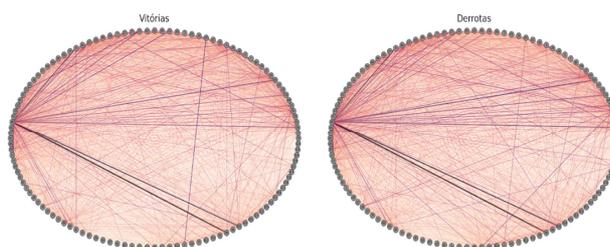
Analisamos inicialmente como o número de vitórias e derrotas de cada equipe se relacionam com o número total de partidas de cada equipe. Conforme mostra a Figura 1A, observamos uma tendência clara de equipes com muitas partidas apresentarem um número significativamente maior de vitórias do que derrotas. Esse resultado indica que o treinamento conjunto contribui para o melhor desempenho da equipe, mas também que a sobrevivência de uma equipe depende de vitórias. Investigamos também o efeito das escolhas dos heróis no resultado da partida. De acordo com Figura 1B, embora existam heróis escolhidos muito mais frequentemente do que outros, não há diferença significativa na frequência de escolha desses heróis entre partidas terminadas em vitórias ou derrotas.

Por sua vez, a Figura 1C mostra que a variabilidade na escolha dos heróis de uma equipe afeta o resultado da partida. Para analisar essa questão, estimamos a probabilidade de escolha dos heróis por cada equipe e calculamos a entropia de Shannon dessas probabilidades. Equipes que escolhem muito frequentemente uma mesma combinação de heróis serão caracterizadas por baixa entropia, enquanto aquelas com grande variabilidade nessa escolha terão entropia alta. Procuramos verificar como a entropia de cada equipe se relaciona com seu saldo de vitórias. Porém, como as equipes disputam um número diferente de partidas, faz-se necessário controlar as quantidades por essa variável. Para isso, utilizamos medidas padronizadas (*z-score*) calculadas por meio de amostras aleatórias de partidas de tamanho igual ao número de partidas de cada equipe. Assim, as curvas da Figura 1C mostram que equipes com entropia maior apresentam um menor saldo de vitórias, indicando que equipes mais vitoriosas tendem a se especializar em jogar com um conjunto menor de heróis.



**Figura 1** – Características de equipes mais vitoriosas. (A) Associação entre o número de vitórias ou derrotas e total de partidas disputadas por uma equipe. (B) Frequência de escolha dos heróis do jogo em partidas terminadas em vitórias ou derrotas. (C) Relação entre o saldo de vitórias das equipes e a entropia de Shannon da frequência de escolha dos heróis. As curvas mostram os valores médios em unidades padronizadas e após agrupar as equipes pelo número total de partidas.

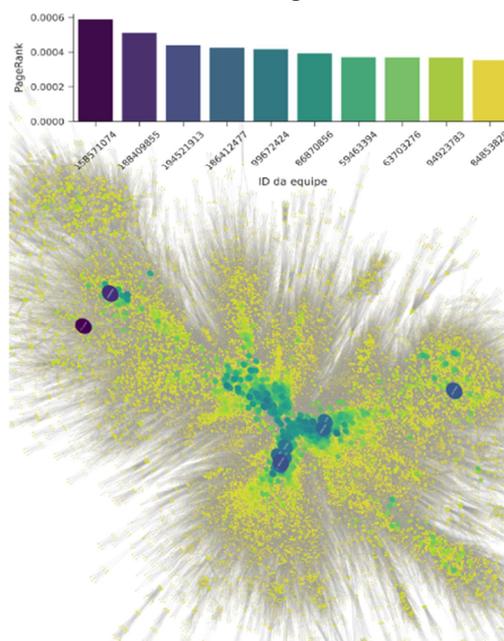
Embora a Figura 1B mostre que a escolha individual de heróis não altera o resultado da partida, a Figura 1C mostra que as combinações de heróis feitas pelas equipes têm um papel significativo no resultado do jogo. Assim, para investigar melhor essa questão, construímos uma rede complexa na qual os heróis são os vértices e conexões entre eles indicam a frequência com que pares de heróis são escolhidos para disputar uma mesma partida. Além disso, separamos as partidas por resultado de modo a construir uma rede para vitórias e outra para derrotas, conforme mostra a Figura 2. Nessa representação, a localização dos heróis é a mesma nas duas redes e o peso entre as ligações está indicado tanto pelo código de cores quanto pela espessura da ligação (ligações mais escuras e espessas indicam pares de heróis mais frequentes). Apesar da similaridade global entre as duas redes, existem inúmeras diferenças locais importantes. Para citar um exemplo típico, destacamos o caso do par de heróis 20 e 6, que é muito mais frequente em partidas vitoriosas. Essas diferenças locais demonstram que as interações entre os heróis escolhidos pelos jogadores são mais importantes que suas características individuais.



**Figura 2** – Redes de coocorrência de heróis em partidas terminadas em vitórias (esquerda) e derrotas (direita). Os vértices são os heróis e conexões entre eles indicam pares escolhidos para disputar uma mesma partida (ponderadas pela frequência de ocorrência de cada par).

Por fim, para tentar identificar as melhores equipes em nossa base de dados, construímos uma outra representação de rede na qual equipes são vértices e ligações direcionadas apontam de equipes derrotadas para equipes vencedoras com peso igual ao número de vitórias. Desse modo, equipes vencedoras tendem a se tornar mais centrais na rede, uma vez que mais ligações chegam nessas equipes. Para quantificar essa centralidade, calculamos a métrica PageRank [1] para cada equipe. Essa medida está relacionada com a probabilidade de chegar a um vértice

da rede ao realizar uma caminhada aleatória partindo de um outro vértice aleatório. Assim, equipes mais vitoriosas tendem a ter um maior PageRank. Entretanto, vencer outras equipes centrais na rede também contribui para um maior PageRank. A Figura 3, mostra uma visualização de parte desta rede das equipes e também as top-10 equipes de acordo com a medida PageRank.



**Figura 3** – Identificando as melhores equipes com a medida de PageRank. O painel superior mostra as dez melhores equipes. O painel inferior mostra uma visualização de parte da componente principal da rede de equipes. O tamanho dos vértices e as cores estão relacionadas ao PageRank de cada equipe (quanto maior o vértice e mais escura a cor, maior o valor da métrica).

## Conclusões

Mostramos como conceitos de redes complexas e sistemas complexos podem ser utilizados para revelar alguns padrões sobre interações competitivas entre jogadores e equipes de *Dota 2*. Essa análise contribuiu também para a familiarização com diversas ferramentas, conceitos e métodos desse campo de pesquisa.

## Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências

- [1] NEWMAN, M. **Networks**. New York: Oxford, 2018.
- [2] CASTELLANO, C., FORTUNATO, S., LORETO, V. Statistical physics of social dynamics. **Reviews of Modern Physics** v. 81, p. 591-646, 2009.