|  |  |
| --- | --- |
| CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC | |
| (  ) PRÉ-PROJETO     (  X  ) PROJETO | ANO/SEMESTRE: 2024/1 |

aplicação para organização de competições esportivas

Matheus Felipe Pasold

Prof. Alexander Roberto Valdameri – Orientador

# Introdução

Uma competição esportiva é um evento que reúne atletas, de maneira individual ou em equipes, para disputar suas habilidades para alcançar um objetivo que irá legitimar seu esforço, em muitos casos com recompensas financeiras. Segundo Van Bulck *et al.* (2022) o agendamento para as competições esportivas é um tópico de pesquisa desde os anos 1970, onde a publicação de vários trabalhos acadêmicos aumentou consideravelmente a ponto de se tornar um campo de pesquisa específico. Porém, agendar competições esportivas pode ser complexo e desafiador mesmo para um número pequeno de participantes, devido a certa diversidade de restrições e conflito das partes interessadas.

Existem diferentes tipos de competições esportivas o qual os organizadores preferem aderir ao criar o evento, levando em consideração vários fatores. Dependendo da forma como é organizada o evento pode ser chamado de campeonato ou torneio. Para Rezende (2007), campeonatos são os eventos onde tem duração prolongada, número de participantes pequeno, o nivelamento é prioridade, os custos são elevados e exige estruturas físicas grandes, nesses casos sendo disputados por meio de classificação com base em pontuação e admitindo empates nas disputas. Já os torneios têm duração média ou pequena, número menor de participantes, com níveis diferentes de nivelamento, custos menores e exige menos estrutura física que os campeonatos. Nos torneios a disputa é feita, em muitos casos, por eliminação sem admitir empates, também conhecido como mata-mata.

Quando um campeonato é organizado, segundo Rezende (2007) é realizado um sistema classificatório baseado em um rodízio entre os times participantes. Dessa forma, cada participante enfrente a todos os outros dentro da competição em rodadas, por isso também é conhecido como *Round-Robin*. Para Dong *et al.* (2023), em princípio, esse formato seria o mais junto para determinar um vencedor pois tem um número conhecido e fixo de partidas disputadas para todos os competidores. Entretanto, existe um número grande de jogos e leva mais tempo para ser disputado. Os torneios são disputados no formato eliminatório, onde o perdedor da partida é imediatamente eliminado e o vencedor avança para disputar com outro competidor que venceu na rodada anterior até a partida final do torneio. Para competições com grande número de participantes e curto duração, existe o Sistema Suíço, muito utilizado em torneios de Xadrez. Para Sato (2023) apud Fuhrlich et al. (2021) o sistema Suíço é projetado para garantir que os competidores com resultados semelhantes se enfrentem, promovendo assim um equilíbrio nas partidas.

Outros cenários podem existir para a organização de uma competição. A exemplo do Campeonato Brasileiro de Futebol onde, na edição de 2002, 26 times disputavam uma primeira fase com o sistema classificatório que definia os 8 participantes para a fase seguinte, que era disputada no formato eliminatório para definir o campeão do torneio (Folha de São Paulo, 2002). Seguindo essa linha, existem exemplos de campeonatos que dividem grupos para disputar o sistema classificatório, o qual cada grupo classifica um número fixo para uma próxima fase. Um exemplo seria a Copa do Mundo da FIFA, onde na edição de 2022 havia 8 grupos com 4 times cada, o qual classificava 2 para uma fase final eliminatória para definir o vencedor. Sendo assim, um formato não se limita a ser um modelo homogêneo e pode ser estruturado com diferentes formas.

Diante este cenário, esse trabalho propõe um estudo dos algoritmos conhecidos para a montagem de calendários dos jogos de uma competição esportiva para desenvolver uma ferramenta que faça o gerenciamento da organização desses eventos, com foco no desenvolvimento de um modelo flexível capaz de abrigar os modelos de campeonatos e competições para diferentes modalidades esportivas.

## OBJETIVOS

O objetivo é construir uma aplicação com interface de usuário e estruturas de banco de dados sobre a organização de competições esportivas.

Os objetivos específicos são:

1. criar um sistema que seja poliesportivo;
2. considerar para cada padrão de esporte definido os tipos de disputas baseadas nos padrões do esporte;
3. avaliar alternativas para persistência de dados flexíveis, ou não convencionais (semiestruturados).

# trabalhos correlatos

Nesta seção são apresentados trabalhos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. O primeiro é um sistema Web para gerenciamento de competições baseados nas regras do ITC2021 (Teotonio, 2023). O segundo é um sistema Web para o gerenciamento de um campeonato amador de futebol na cidade de João Monlevade (Santos, 2021). O terceiro trabalho é uma aplicação Web profissional para gerenciamento de ligas e competições esportivas (Clupik, 2024).

## Sistema web para programação de tabelas de competições esportivas

O trabalho de Teotonio (2023) utiliza o algoritmo *Goal* feito pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) para o International Timetabling Competition de 2021 (ITC2021), que utiliza técnicas de programação linear para resolver o problema da programação de competições esportivas no formato classificatório que satisfaz as restrições e minimize a função objetivo, para o desenvolvimento de um sistema web com interface amigável para usuários comuns. O desenvolvimento do sistema utilizou a arquitetura de camadas sendo um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) com o PostgreSQL para a camada de persistência. A camada de negócio utilizou Python e Nodejs e a camada de apresentação utilizou ReactJs.

O trabalho começa contextualizando o problema da programação de competições esportivas, destacando o problema das distâncias percorrida das equipes solucionado por algoritmos heurísticos e inteiros e as regras da ITC2021 organizadas em um arquivo eXtensible Markup Language (XML).

O ITC2021 define restrições divididas em quatro categorias: capacidade, jogo, pausa e equilíbrio (Teotonio, 2023). As restrições de capacidade garantem um número adequado de jogos para cada participante como mandante e visitante. As restrições de jogo controlam as atribuições de jogos em cada rodada. As restrições de pausa regulam o número de jogos consecutivos como mandante e visitante. Restrições de equilíbrio regulam o calendário para equilibrar o número de jogos em casa e distância de viagens por equipe nas rodadas, e por último existem restrições de separação, que faz com que os mesmos times não se enfrentem em mais de uma rodada consecutiva. No sistema desenvolvido cada restrição pode ser cadastrada manualmente de acordo com a preferência do usuário, conforme a Figura 1.

Por fim, é apresentado a ordem de telas que o usuário encontra desde o login até a solução para a organização da competição. A sistema conta com um *dashboard* de ligas onde é possível realizar operações de adicionar, copiar, editar e excluir cada liga. Para cada liga específica existe uma tela de times que participam da competição, seguindo as mesmas operações que no *dashboard*. Foram criadas telas de *slots* que determinam os horários dos jogos e telas de restrições onde o usuário cadastras as restrições da ITC2021. A tela de soluções visualizada na Figura 2 apresenta as soluções que a aplicação conseguiu produzir.

Figura 1 – Tela de cadastro das restrições dentro de um campeonato de acordo com as categorias do ITC2021

Interface gráfica do usuário, Aplicativo, Email

Descrição gerada automaticamente

Fonte: Teotonio (2023).

Figura 2 – Exemplo de uma competição gerada automaticamente

Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Fonte: Teotonio (2023).

## MÓDULO WEB PARA GERENCIAMENTO DE CAMPEONATOS AMADORES DE FUTEBOL NO MUNICÍPIO DE JOÃO MONLEVADE E REGIÃO

O trabalho de Santos (2023) apresenta um sistema Web para o gerenciamento da Liga Monlevadense de Futebol, um campeonato amador da cidade de João Monlevade, Minas Gerais. Esse sistema permite o usuário a criar uma competição com as partidas que o usuário definir, além de visualização da classificação. Para o desenvolvimento de uma aplicação Web, Santos (2023) utiliza frameworks Lavavel, baseado em PHP, e o Bootstrap para os estilos para uma interface de usuário, com um servidor Apache Tomcat versão 2.5, com um banco de dados MariaDB.

Santos (2023) estabelece quais são os usuários que são as partes interessadas na competição esportiva do qual o sistema irá gerenciar, os *Stakeholders*, assim dividindo em 3 tipos diferentes. O Super Administrador é o dono do site, permite o gerenciamento dos acessos dos demais usuários as funcionalidades do modelo. O Administrador de campeonatos é responsável pelo controle das competições, desde criação até o gerenciamento. Administrador de Times, que é responsável pelas atividades dos times de futebol participantes, e Usuários torcedores, que só têm permissão para consultar as competições e as partidas.

Conforme visualizado na Figura 3, um campeonato pode ter os formatos pontos corridos (Classificatório), Mata a mata (Eliminatório) e Copa (Classificatório em grupos com eliminatório). As partidas são cadastradas por um usuário administrador de campeonatos, sem a utilização de algum algoritmo para geração automática como Teotonio (2023), porém é possível visualizar as tabelas de classificação do formato pontos corridos e copa, conforme a Figura 4. O sistema também permite uma súmula no formato *Portable Document Format* (PDF), informando os jogadores, horário, placar, cartões e árbitros.

Figura 3 – Tela de listagem das competições cadastradas na interface de usuário administrador

Tela de computador com texto preto sobre fundo branco

Descrição gerada automaticamente

Fonte: Santos (2021).

Figura 4 – Tela de listagem das competições cadastradas na interface de usuário administrador

Interface gráfica do usuário, Tabela

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Fonte: Santos (2021).

Santos (2023) conclui que para o desenvolvimento do trabalho foram encontradas dificuldades que resultaram até em alteração dos requisitos, e que melhorias poderiam ser feitas. Uma delas seria a visualização de chaveamentos para as disputas em eliminatória, além da criação de *dashboards* e extração dos dados como artilharia e times de melhor defesa.

## CLUpik – gestão de torneios e ligas

O Clupik (2024) é uma ferramenta Web de gerenciamento para clubes e torneios e ligas esportivas, que funciona para a parte administrativa dos clubes, mas também possui uma ferramenta para a criação e gerenciamento de competições esportivas. A solução permite o cadastro de uma competição de forma dinâmica com o sistema classificatório, chamado aqui de modo liga, e eliminatório.

Conforme mostrado na Figura 5, é possível selecionar outros modos como Grupos + Eliminatória, onde consiste em um sistema classificatório dividido para uma quantidade determinada pelo usuário de grupos, com uma fase de eliminatória com o chaveamento que pode ser definido pelo usuário (Figura 6). Em divisão, é possível criar uma competição com divisões, grupos de hierarquia onde os participantes das divisões inferiores buscam subir para as superiores com base na classificação final do torneio, ocupando o lugar os mais mal colocados da divisão superior. O sistema também permite adicionar fases na competição com os formatos citados acima, não limitando o usuário a utilizar apenas um para a competição.

Para a organização do calendário, o Clupik permite um preenchimento automático dos participantes em cada jogo de cada rodada, como também manual. Conforme a Figura 7, é possível visualizar como será cada rodada do torneio, que funciona no sistema de rodízio. O usuário poderá selecionar quais as posições no rodízio a equipe participante deixarão a cargo do usuário definir o calendário adequado. O número de vezes que cada participante se enfrenta também pode ser definido pelo usuário, não limitando a rodízio simples (*Single Round-Robin*) ou duplo (*Double Round-Robin*).

Para os campeonatos criados no Clupik, é possível cadastrar as equipes participantes e seus jogadores, com possibilidade de imagens para ambos, assim como adicionar premiações, formulários de inscrição na sua versão gratuita, que foi utilizada para a descrição desse tópico. Existem outras opções que podem ser utilizadas em uma opção por planos pagos.

Figura 5 – Tela de cadastro de competição do Clupik ao registrar-se na plataforma

Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente

Fonte:Clupik (2024).

Figura 6 – Tela de visualização do formato eliminatório na competição registrada no Clupik

Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Fonte:Clupik (2024).

Figura 7 – Tela de visualização das rodadas do formato classificatório na competição registrada no Clupik

Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente

Fonte:Clupik (2024).

# proposta da APLICAÇão

Nesta seção será apresentada a importância do estudo de estruturas de bancos de dados para o armazenamento de dados de algoritmos heurísticos e de programação linear ou dinâmica, aplicando em uma aplicação de gerenciamento e criação de competições esportivas com os formatos que serão abordados. Ainda será apresentado os Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF), a metodologia e o cronograma do trabalho que será desenvolvido.

## JUSTIFICATIVA

Abaixo observa-se o quadro relacionando as principais características dos trabalhos correlatos apresentados nesse trabalho.

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos correlatos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Trabalhos Correlatos  Características | Teotonio (2023) | Santos (2021) | Clupik (2024) |
| Banco de dados utilizado | PostgreSQL | MariaDB | Não identificado |
| Algoritmo utilizado para a organização das partidas | GoalUFOP | Não é utilizado | Não identificado |
| Modalidades esportivas suportadas | Não especificado | Futebol | Poliesportivo |
| Permite competições classificatórias? | Sim | Sim | Sim |
| Permite competições eliminatórias? | Não | Sim | Sim |
| Permite competições de sistema suíço? | Não | Não | Não |
| Permite utilizar mais de um formato de competição? | Não | Sim (3 formatos pré-definidos) | Sim |

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme apresentado no Quadro 1, o trabalho de Teotonio (2023) utiliza um algoritmo específico para organizar uma competição, principalmente por se tratar de uma extensão do algoritmo formulado para o ITC2021. Já o trabalho de Santos (2021) não trata de um algoritmo pois a aplicação se propõe a apenas fazer os cadastros das partidas pelo administrador de campeonato, assim fazendo com que os organizadores da competição tenham que definir a critério próprio o calendário. O Clupik (2024) utiliza um algoritmo de rodízio para definir os jogos da competição no sistema classificatório, permitindo a visualização das rodadas e editar os participantes dos jogos. Porém, a ferramenta não consegue otimizar o calendário de forma automática, tendo que o usuário definir o melhor calendário.

Apenas o estudo de Teotonio (2023) consegue ser um modelo que abrange mais esportes, porém não garante que possa haver mais fases na competição, restringindo a classificatória obedecendo os critérios definidos pelo ITC2021. Santos (2021) coloca apenas o futebol no escopo do projeto, tendo em vista que seja uma solução para um evento em específico. O Clupik (2024) se destaca por permitir mais esportes em vários formatos para as competições.

Em questão dos modelos de banco de dados, ambos utilizam um banco de dados relacional. Observa-se que os trabalhos utilizam diferentes modelos, todos utilizando a abordagem convencional (tabelas, linhas e colunas), não sinalizando possibilidades de flexibilização, haja vista que não é proposta dos mesmos. Teotonio (2023), conforme visto na seção 2.1, utiliza a especificação de um arquivo XML para a criação das tabelas no banco de dados, enquanto Santos (2021) cria os modelos baseados apenas dentro do contexto da competição de futebol.

O Clupik (2024) se mostra mais eficiente pois é mais abrangente pela poliesportividade e permitir escolher um formato, possibilitando certa personalização. A geração dos calendários considera alguns pontos, como limitações do campeonato, regras e otimizações de calendários automáticas, deixando a cargo do usuário alterar os participantes para adequar-se a suas demandas. Este conceito, por parte das competições do formato classificatório, é bem explorado no trabalho de Teotonio (2023) por considerar um algoritmo de otimização. Sendo assim, a combinação das soluções de otimização considerando restrições, abrangência poliesportiva e de formatos é essencial para facilitar o processo de gerenciamento e evolução das competições esportivas.

Diante do cenário exposto, demonstra-se a importância do estudo de modelos para ferramentas de gerenciamento de competições esportivas que envolvam não somente os formatos de competições já estabelecidos, como também a utilização de algoritmos heurísticos e dinâmicos para a otimização da organização das competições e seus calendários. Consequentemente, modelos de banco de dados para flexibilizar os dados gerados por uma aplicação que utilize desses algoritmos tornam-se relevantes para o desenvolvimento das ferramentas desse tema.

Conforme apresentado, o tema envolvendo flexibilização nas estruturas de armazenamento ainda carece de ser explorado, visto que pesquisas não apresentam indícios de sua utilização em aplicações fora do ambiente de redes sociais e colaborativos. Embora exista material sobre o uso dos algoritmos que otimizam o calendário das partidas numa competição esportiva, estes não foram identificados trabalhos nos quais a proposta envolvia flexibilização da modalidade. Sendo assim, uma solução que possibilita um acesso dinâmico para esses algoritmos aumentará o desempenho das aplicações voltadas para o tema deste trabalho, pretendendo também a colaboração para criação de soluções mais elaboradas.

## REQUISITOS PRINCIPAIS Da aplicação

Os requisitos do software são:

1. permitir criar campeonatos (Requisito Funcional - RF);
2. permitir cadastrar as modalidades esportivas (RF);
3. permitir cadastrar restrições de calendário (RF);
4. permitir organizar os jogos no formato *Round-Robin* (RF);
5. permitir organizar os jogos no formato Eliminatório (RF);
6. permitir o usuário definir as fases do campeonato (RF);
7. utilizar banco de dados para o armazenamento dos dados (Requisito Não Funcional - RNF);
8. utilizar framework de HTML, Javascript e CSS para a criação de interface visual de usuário (RNF);
9. utilizar framework de Java para desenvolver a API do sistema (RNF);
10. utilizar algoritmo heurísticos para as fases eliminatórias (RNF);
11. utilizar algoritmo inteiro para as fases classificatórias (RNF).

## METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

1. levantamento bibliográfico: fazer uma pesquisa bibliográfica sobre os algoritmos heurísticos, inteiros e programação linear para torneios *Single Round-Robin* (RR), *Double-Round-Robin*(2RR) e *Knockout*, bancos NoSQL, *Spring Boot*, *AngularJS* e desenvolvimentos similares;
2. elicitação de requisitos: análise e revisão dos requisitos destacados, evidenciando o objetivo do trabalho;
3. definição dos algoritmos heurísticos que serão implementados na aplicação: pesquisar e montar a estrutura do estudo de caso, definindo a linguagem que será desenvolvido os algoritmos, as ferramentas e componentes da aplicação Web e os algoritmos heurísticos para o desenvolvimento do estudo;
4. especificação do software com a construção de diagramas da Unified Modeling Language (UML) e para a representação dos dados a serem persistidos: modelar uma arquitetura de banco de dados para operacionalizar o estudo de caso;
5. implementação: desenvolvimento da aplicação Web e do banco de dados para a persistência utilizando as ferramentas, os algoritmos e o modelo definido nas duas etapas anteriores;
6. teste: avaliar ferramentas de teste unitários e funcionais que garantam um funcionamento correto da aplicação conforme o levantamento dos requisitos. Para isso, serão criados casos de testes, simulações de uso e verificação minuciosa para identificar falhas e corrigir problemas encontrados;
7. validação: propor critérios e parâmetros para avaliar a usabilidade pelos usuários e estatística;

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2024 | | | | | | | | | |
|  | jul. | | ago. | | set. | | out. | | nov. | |
| etapas / quinzenas | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| levantamento bibliográfico |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| elicitação de requisitos |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| definição dos algoritmos heurísticos que serão implementados na aplicação |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| especificação do software com a construção de diagramas da UML e para a representação dos dados a serem persistidos |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| implementação |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| teste |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| validação |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Fonte: elaborado pelo autor.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção serão apresentados os conceitos que fundamentarão o trabalho e o estudo de caso a ser realizado.

## sistema classificatório

No sistema classificatório, para Rezende (2007), os times T são colocados em duas colunas, onde um competidor é fixo na coluna da esquerda, enquanto os outros são realocados numa rotação no sentido anti-horário, repetindo a operação o número de *T* menos um. Cada rotação determina a rodada. Quando o número de participantes for ímpar, um dos times ficará no centro da coluna, sendo esse time isento da rodada em questão. Neste trabalho, será referenciado esse formato como *Round-Robin Tournament.*

Neste formato é comum expandir o calendário das disputas repetindo-as num sistema classificatório duplo, ou *Double Round-Robin Tournament*. Lamaz-Fernandez *et al.* (2021) mencionam o fato desta forma ser a mais utilizado nos principais campeonatos da América do Sul e Europa, o qual cada time participante disputa uma vez em casa e outra fora de casa, sendo o mais preferível que estas disputas sejam alternadas. Neste caso, um *Double Round-Robin Tournament* pode ser organizado em duas fases o qual o mesmo calendário organizado num *Round-Robin Tournament* é repetido da mesma forma, onde é mencionado com *phased*, ou sem essas fases, *unphased*, porém ainda assim cada participante enfrenta os outros duas vezes. A forma como o *Round-Robin Tournament* é organizada leva em consideração as limitações que dependem das partes interessadas, como os torcedores, local, policiamento, TV etc. A proposta do estudo ressalta a importância de considerar cada instância dessas limitações no desenvolvimento de um algoritmo.

## sistema eliminatório

Segundo Rezende (2007), no sistema eliminatório, o formato das chaves é definido pelo número de participantes que, se for potência de 2, são definidos os jogos por “cabeças de chave”, sorteio ou ordem de inscrição e os que começam a disputa na primeira rodada, caso o número de participantes não for potência de 2, é definido um número de times isentos da primeira rodada baseado na subtração do número de participantes pela potência superior mais próxima. Ainda é descrito a eliminatória dupla, onde os perdedores das rodadas também se enfrentam na seguinte, escalando até chegar no jogo final. Neste trabalho, será referenciado esse formato como *Knockout Tournamet.*

Bădică (2021) introduz um *Knockout Tournament* como totalmente balanceados, com número de participantes potencial a 2 ou parcialmente balanceados para não potencialmente a 2, assim como descrito por Rezende (2007). Porém, um torneio pode ser não balanceado, mesmo com número potencial a 2 de participantes, porém com um participante isento de muitas rodadas, assim tendo um número desigual de disputas em relação aos oponentes. Torneios balanceados e parcialmente balanceados são considerados justos, pois há um número igual de disputas para muitos competidores para vencer a competição com apenas 1 exceção, e os não balanceados são injustos, pois muitos números diferentes de disputas para os participantes para vencer com muitas exceções, sendo uns dependendo de menos disputas que os outros. O torneio pode ser dividido em múltiplas árvores, balanceadas ou parcialmente balanceadas, que se juntam. Nesse contexto, existe algoritmos para a optimização do sistema Knockout Tournament, entre eles estão o Top-Down com memorização e o Bottom-Up para balanceamento.

## sistema suíço

Dong *et al.* (2023) destaca também o chamado Sistema Suíço*, Swiss System Tournament*, que leva esse nome pois foi criado em 1985 para competições de xadrez, onde os times jogam uma competição não eliminatória com número fixo de rodadas, porém menor que no Round-Robin, pois cada competidor não joga contra todos os outros. Aqui, as rodadas são feitas para que os times joguem contra outros times com a mesma pontuação acumulada enquanto evita confrontos repetidos baseado numa série de regras. O vencedor é definido por pontuação assim como no Round-Robin. Esse formato é apropriado para eventos que tem grande número de participantes e espaço mais curto de tempo, sem eliminar os jogadores após a derrota. Dong *et al.* (2023) ainda propõe o uso do *Swiss System Tournament* junto com o *Knockout Tournament* para as competições de *E-Sports.* O sistema suíço é apropriado em casos de eventos em uma única sede, sem a necessidade de deslocamentos, no caso de *E-Sports*,pode ser disputado em uma arena grande ou pela internet.

Sendo o Sistema Suíço contextualizado, Sziklai *et al.* (2022) simula os pares das partidas das rodadas com programação inteira. A simulação utiliza um algoritmo inteiro de grafos que, primeiramente, mira os participantes de maior pontuação baseado em pesos das arestas dos nós, o qual cada nó representa um competidor e cada par de nós uma disputa, e os pares são conectados quando ambos os representantes não se enfrentaram ainda na competição. Para evitar que os competidores que não venceram nenhuma disputa fiquem sem pesos, a simulação incrementa os pesos em 1 a cada disputa para ambos os participantes. Nos casos de empates, Sziklai *et al.* (2022) menciona o sistema Buchholz como critério de desempate, que consiste na soma da pontuação dos oponentes enfrentados pelo participante durante a competição.

Referências

BĂDICĂ, Amelia et al. Dynamic Programming Algorithms for Computing Optimal Knockout Tournaments. **Mathematics**, v. 9, n. 19, p. 2480, 2021.

CLUPIK.Clupink: Leve a administração do seu clube ao próximo patamar. Disponível em: <https://clupik.com/pt-br/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

DONG, Zhi-Long et al. Dynamic scheduling of e-sports tournaments. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 169, p. 102988, 2023.

Folha de São Paulo. Campeonato Brasileiro, Regulamento. 2002. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2002/campeonatobrasileiro/regulamento.shtml Acesso em: 16 abr. 2024

REZENDE, José Ricardo. **Sistemas de disputa para competições esportivas**: torneios & campeonatos. São Paulo : Phorte, 2007. 168 p, il.

SANTOS, Junior Reis dos. **Módulo web para o gerenciamento de campeonatos amadores de futebol no município de João Monlevade e região**. 2023. Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, Minas Gerais.

SATO, Alex Yoshio. **O ensino de matemática através do jogo de xadrez**. 2023. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. Valença, Bahia.

TEOTONIO, Alex Barbosa. **Sistema web para programação de tabelas de competições esportivas**. 2023. Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, Minas Gerais.

VAN BULCK, D. et al. **International timetabling competition 2021**: sports timetabling. 2022.

SZIKLAI, Balázs R.; BIRÓ, Péter; CSATÓ, László. **The efficacy of tournament designs**. Computers & Operations Research, v. 144, p. 105821, 2022.

LAMAZ-FERNANDEZ, C.; MARTINEZ-SYKORA, Antonio; POTTS, C. **Scheduling double round-robin sports tournaments**. In: Proceedings of the 13th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling. 2021.