

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Geração de Tabelas Otimizadas para Eventos Esportivos

Alessandra Guimarães Oestreich



São Carlos – SP

Geração de Tabelas Otimizadas para Eventos Esportivos

Alessandra Guimarães Oestreich

***Orientador:* Profa. Dra. Maristela Oliveira dos Santos**

Monografia final de conclusão de curso apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Computação.
Área de Concentração: Otimização

USP – São Carlos
Maio de 2019

Oestreich, Alessandra Guimarães

Geração de Tabelas Otimizadas para Eventos Esportivos
/ Alessandra Guimarães Oestreich. - São Carlos - SP,
2019.

63 p.; 29,7 cm.

Orientador: Maristela Oliveira dos Santos.

Monografia (Graduação) - Instituto de Ciências
Matemáticas e de Computação (ICMC/USP), São Carlos -
SP, 2019.

1. Pesquisa Operacional. 2. Eventos Esportivos.
3. Otimização. 4. Programação Inteira. I. Santos,
Maristela Oliveira dos. II. Instituto de Ciências
Matemáticas e de Computação (ICMC/USP). III. Título.

*Este trabalho é dedicado à todas as mulheres
que fazem a diferença no mundo da ciência todos os dias.
Em especial, às pesquisadoras do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC).*

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo o apoio e incentivo durante o curso de Ciências de Computação.

Aos meus pais Alberto e Adriana, por me despertarem a curiosidade pela tecnologia e pela computação desde cedo.

A todos os professores do ICMC, pelos ensinamentos transmitidos.

À Profa. Dra. Maristela Oliveira dos Santos, que acreditou em uma ideia e ajudou a concretizá-la.

À A.A.A.C.S.C.- Atlética Acadêmica do Campus de São Carlos - pelo fornecimento dos dados necessários para a realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Nada na vida deve ser temido,
apenas compreendido.”
(Marie Curie)*

RESUMO

OESTREICH, A. G.. **Geração de Tabelas Otimizadas para Eventos Esportivos**. 2019. 63 f. Monografia (Graduação) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP), São Carlos – SP.

A organização de eventos esportivos é uma área ampla que abrange não apenas eventos universitários como também qualquer organização que deseja alocar múltiplos jogos de forma eficiente. Este trabalho tem como foco eventos esportivos universitários, que seguem regras e restrições similares. E desta forma, desenvolve-se um modelo de otimização que contempla a criação de tabelas otimizadas e com isso, sugere melhorias no modo como as mesmas são feitas atualmente.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional, Eventos Esportivos, Otimização, Programação Inteira.

ABSTRACT

OESTREICH, A. G.. **Geração de Tabelas Otimizadas para Eventos Esportivos**. 2019. 63 f. Monografia (Graduação) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP), São Carlos – SP.

The management of sports events is a broad area that encompasses not only university events but also any organization that want to allocate numerous matches efficiently. This monography focus on university events that adhere to similar rules and restrictions, thus developing an optimization model that contemplates the creation of optimized tables and with that, it suggests improvements in the way they are done today.

Key-words: Operational Research, Sports Event, Optimization, Integer Programming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A Metodologia de Pesquisa Operacional (Winston, 1994)	22
Figura 2 – Geração de Tabela de Horário Ponderada Única Para Cada Jogo	28
Figura 3 – Geração de Tabela Ponderada Única de Conflito Entre Jogos	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de combinações possíveis para a composição de um torneio completo factível	21
Tabela 2 – TUSCA 2017: tempo mínimo de realização de cada modalidade	39
Tabela 3 – TUSCA 2017: horário de funcionamento das quadras esportivas disponíveis	39
Tabela 4 – TUSCA 2017: praças esportivas adequadas por modalidade	40
Tabela 5 – TUSCA 2017: equipes de arbitragem disponíveis por categoria com especificação das modalidades envolvidas	41
Tabela 6 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LEU para quinta-feira	42
Tabela 7 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela UFSCar para quinta-feira	42
Tabela 8 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LAURP para quinta-feira	42
Tabela 9 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pelo CAASO para sexta-feira	42
Tabela 10 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LEU para sexta-feira	43
Tabela 11 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela UFSCar para sexta-feira	43
Tabela 12 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LAURP para sexta-feira	43
Tabela 13 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pelo CAASO para sábado	43
Tabela 14 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LEU para sábado	44
Tabela 15 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela UFSCar para sábado	44
Tabela 16 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LAURP para sábado	44
Tabela 17 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pelo CAASO para domingo	45
Tabela 18 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LEU para domingo	45
Tabela 19 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela UFSCar para domingo	46
Tabela 20 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LAURP para domingo	46
Tabela 21 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de quinta-feira	46
Tabela 22 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de sexta-feira	47
Tabela 23 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de sábado	48
Tabela 24 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de domingo	49
Tabela 25 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pela UTFPR	50
Tabela 26 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pela UFMG	51
Tabela 27 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pela LAURP	52
Tabela 28 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pela LEU	53
Tabela 29 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pela UFSCar	54
Tabela 30 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pelo CAASO	55
Tabela 31 – TUSCA 2017: tabela oficial de quinta-feira	56

Tabela 32 – TUSCA 2017: tabela oficial de sexta-feira	57
Tabela 33 – TUSCA 2017: tabela oficial de sábado	58
Tabela 34 – TUSCA 2017: tabela oficial de domingo	59
Tabela 35 – TUSCA 2017: tabela simulada para quinta-feira	60
Tabela 36 – TUSCA 2017: tabela simulada para sexta-feira	61
Tabela 37 – TUSCA 2017: tabela simulada para sábado	62
Tabela 38 – TUSCA 2017: tabela simulada para domingo	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Contextualização, Motivação e Domínio de Aplicação	19
1.2	Objetivos do Trabalho	19
1.3	Organização da Monografia	20
2	MÉTODOS, TÉCNICAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS	21
2.1	Introdução	21
2.2	Pesquisa Operacional: Programação Linear Inteira	22
2.3	Tecnologias Utilizadas	23
3	DESENVOLVIMENTO	25
3.1	Descrição do Problema	25
3.1.1	<i>Regras Gerais</i>	25
3.1.2	<i>Restrições Específicas</i>	26
3.1.3	<i>Torneios de Tabelas Diárias e Tabelas Totais</i>	26
3.2	Descrição das Atividades Realizadas	27
3.2.1	<i>Pré-processamento</i>	27
3.2.1.1	<i>Dados</i>	27
3.2.1.2	<i>Tabelas</i>	27
3.2.2	<i>Modelo Proposto</i>	29
3.2.2.1	<i>Nomenclatura</i>	29
3.2.2.2	<i>Função Objetivo</i>	30
3.2.2.3	<i>Quadras</i>	30
3.2.2.4	<i>Unicidade e Totalidade dos Jogos</i>	31
3.2.2.5	<i>Sobreposição de Jogos</i>	31
3.2.2.6	<i>Conflitos de Jogos</i>	31
3.2.2.7	<i>Limitação de Equipe de Arbitragem</i>	32
3.2.3	<i>Implementação</i>	32
3.3	Resultados Obtidos	32
3.3.1	<i>Parâmetros</i>	32
3.3.2	<i>Comparação dos Resultados</i>	33
3.4	Dificuldades e Limitações	34
4	CONCLUSÃO	35

APÊNDICE A	TUSCA 2017: DADOS E RESULTADOS	39
A.1	Tabelas de Regras Gerais	39
A.2	Restrições de Horário	42
A.2.1	<i>Quinta-Feira</i>	42
A.2.2	<i>Sexta-Feira</i>	42
A.2.3	<i>Sábado</i>	43
A.2.4	<i>Domingo</i>	45
A.3	Chaveamento	46
A.3.1	<i>Quinta-Feira</i>	46
A.3.2	<i>Sexta-Feira</i>	47
A.3.3	<i>Sábado</i>	48
A.3.4	<i>Domingo</i>	49
A.4	Restrições Entre Modalidades	50
A.5	Tabelas de Jogos	56
A.5.1	<i>Tabelas Oficiais</i>	56
A.5.2	<i>Resultados da Simulação</i>	60

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização, Motivação e Domínio de Aplicação

A organização de eventos esportivos é uma área ampla que abrange não apenas eventos universitários como também qualquer organização que deseja alocar múltiplos jogos em um ou mais praças esportivas de forma eficiente.

Na literatura, tais problemas de alocação de jogos são conhecidos como Problema de Programação de Torneios Esportivos. Problemas deste tipo, seguem uma numerosa quantidade de restrições e seus objetivos ao final da geração da escala de jogos podem variar a depender das especificações do torneio. Neste trabalho, o enfoque se dá a alternativas para a solução de problemas de alocação de eventos esportivos universitários. Esse tipo de evento segue, em geral, uma base similar de regras e restrições e, portanto, são passíveis de generalização.

Atualmente, eventos de grande porte¹, em relação a quantidade de equipes participantes e modalidades realizadas, têm suas tabelas de jogos construídas de forma manual e são necessárias horas de análise e reuniões demasiadamente longas em duração para se chegar a um consenso. Entretanto, não há garantia de que a tabela gerada ao final é a melhor solução a ser encontrada.

A motivação deste trabalho decorre da dificuldade em construir tais tabelas conforme se aumenta o porte do evento por parte da quantidade de participantes envolvidos e o número de restrições a serem respeitadas.

1.2 Objetivos do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo a criação de um modelo matemático que represente eventos esportivos universitários e que o mesmo gere de forma otimizada a melhor escala de jogos, visando a minimização dos conflitos de restrições e respeitando as restrições propostas para certo evento. Em complemento, têm-se como objetivo a implementação deste modelo, permitindo assim não apenas encontrar a melhor solução, mas também gerar o arquivo da tabela de forma que os resultados sejam visualmente satisfatórios. Como estudo de caso e de comparação serão utilizadas as tabelas de restrições e tabela de jogos do TUSCA 2017.

¹ TUSCA - Taça Universitária de São Carlos, CIA - Copa Inter Atléticas, InterUNESP, InterUSP etc.

1.3 Organização da Monografia

Esta monografia está estruturada em capítulos. Ela se apresenta subdividida em quatro capítulos incluindo esta introdução.

O Capítulo 2 apresenta o embasamento teórico e as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo 3 define o problema abordado, em específico o problema de eventos esportivos universitários e define as atividades realizadas para a solução do mesmo, bem como seus resultados.

No Capítulo 4 é apresentada a conclusão sobre o trabalho desenvolvido. Serão feitas também algumas sugestões para trabalhos futuros.

O Apêndice A apresenta os dados e resultados obtidos pelos casos de teste referentes a cada dia do TUSCA 2017. Os mesmos serão discutidos em capítulos anteriores.

MÉTODOS, TÉCNICAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS

2.1 Introdução

O Problema de Programação de Torneio Esportivos consiste em alocar um ou mais jogos em um determinado local e hora. Entretanto, este problema de escalonamento engloba uma numerosa quantidade de restrições conflitantes. Para exemplificar melhor a magnitude do problema, de acordo com Concílio & Zuben (2002), a complexidade para o número de soluções viáveis para a quantidade de jogos em um torneio de turno completo com n participantes é dado por:

$$(n-1)!(n-3)! \dots (n-(n-1))! \times 2^{(n-1) \times \frac{n}{2}} \quad (2.1)$$

Tabela 1 – Número de combinações possíveis para a composição de um torneio completo factível

Número de Participantes	Número de Combinações
2	2
4	384
6	$2,36 \times 10^7$
8	$9,7410 \times 10^{14}$
10	$4,6331 \times 10^{25}$
12	$3,8785 \times 10^{39}$

Fonte: Concílio & Zuben (2002)

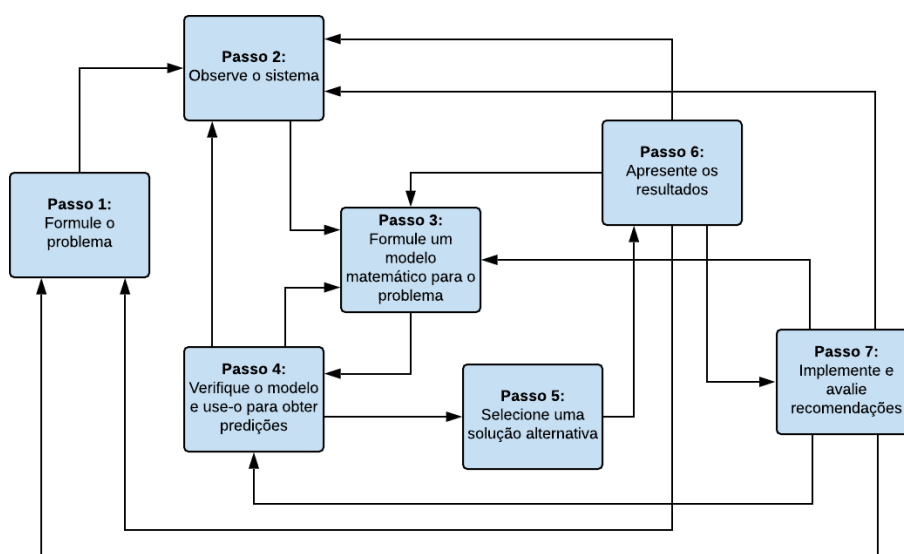
No exemplo da Tabela 1 é considerado um torneio de uma só modalidade como, por exemplo, torneios de futebol, basquete etc. Ainda sim nestes casos, uma busca exaustiva pela solução ótima seria computacionalmente intratável.

Em vista deste fato, diferentes técnicas são utilizadas como abordagem de solução para este problema. Sendo exemplo das mesmas, abordagem por programação genética (CONCÍLIO; ZUBEN, 2003), programação inteira em combinação de técnica enumerativas (NEMHAUSER; TRICK, 1998), *Simulated Annealing* e Busca Tabu (BIAJOLI, 2003), entre outros.

2.2 Pesquisa Operacional: Programação Linear Inteira

No âmbito de Pesquisa Operacional, soluções de problemas podem ser obtidas através de um conjunto de sete etapas, conforme apresentado na Figura 1. No caso deste trabalho, quase todas as etapas apresentadas abaixo foram realizadas. Uma etapa de validação, na qual seriam apresentadas as soluções obtidas para o tomador de decisão, não foi realizada. Porém, houve a comparação da solução obtida com as realizadas no torneio TUSCA 2017.

Figura 1 – A Metodologia de Pesquisa Operacional (Winston, 1994)



Fonte: Winston, W.L. (1994). Operations Research, Applications and Algorithm, 3a Ed..Belmont (CA): Duxbury Press

Dentre as diversas classes de problemas presentes em Pesquisa Operacional, daremos foco à subclasse de modelos definidos como Programação Linear Inteira, onde a modelagem é inteiramente expressa em termos de equações ou inequações lineares.

Problemas de Programação Linear Inteira (PLI) são problemas da subclasse de Programação Linear (PL) onde todas as variáveis envolvidas são discretas e devem necessariamente assumir valores inteiros. Há certos casos especiais dentro desta, onde as variáveis inteiras apenas assumem os valores 0 e 1, desta forma estas são ditas variáveis binárias. No caso em que um modelo apresenta apenas variáveis binárias, o mesmo é dito de Programação Binária.

Cada modelo matemático descreve uma situação a ser otimizada, enquanto métodos de solução buscam uma solução ótima para o problema. Em problemas de maximização, deve-se encontrar o maior valor da função objetivo dentre o espaço de soluções possíveis, já nos problemas de minimização, a busca é pelo o menor valor.

Para este trabalho, consideraremos um modelo de Programação Binária que busca a minimização dos conflitos na alocação dos eventos esportivos.

2.3 Tecnologias Utilizadas

Visando o teste do modelo desenvolvido neste trabalho, a utilização de um *solver* é necessária para que uma solução ótima, se existente, seja encontrada de forma eficiente. O IBM ILOG CPLEX Optimization Studio (CPLEX) é uma biblioteca de otimização, desenvolvida pela International Business Machines (IBM), que soluciona problemas de PLI de grande escala, ou seja, problemas com um grande número de variáveis de decisão.

O CPLEX possui uma licença livre, porém pela escala do problema a ser abordado neste trabalho e para fins acadêmicos, a utilização da licença completa, fornecida pelo próprio Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC), foi necessária.

DESENVOLVIMENTO

3.1 Descrição do Problema

Em eventos esportivos universitários, é necessária realizar a alocação de jogos em certo local e horário. Com isso, uma escala contendo cada jogo alocado é gerada para cada dia de evento. O escalonamento dos jogos é construído seguindo restrições previamente estabelecidas. De forma geral, um evento é composto por m modalidades, n equipes participantes, p praças esportivas e necessita alocar g jogos. Para esta construção, é necessário considerar diferentes regras e restrições. As mesmas podem ser de dois tipos, regras gerais e restrições específicas.

3.1.1 Regras Gerais

As regras gerais regem a base do evento e são usualmente concebidas pela própria organização, essas regras são apresentadas a seguir.

1. Por possuírem diferentes características, nem todas as modalidades podem ser realizadas em todas as praças esportivas. É necessário que todos os jogos sejam alocados em locais adequados à sua modalidade.
2. Os horários de funcionamento das praças esportivas devem ser respeitados. As mesmas possuem diferentes horários de abertura e fechamento, não sendo considerados eventuais fechamentos durante o dia.
3. Cada modalidade requer diferentes tempos para sua realização. Este deve ser o tempo mínimo alocado para cada ocorrência da mesma.
4. A disponibilidade de equipes de arbitragem varia conforme a categoria de modalidade considerada. Uma categoria englobar mais que uma modalidade, por exemplo a categoria de handebol é composta tanto pela modalidade de handebol feminina quanto pela de handebol masculina. Um maior número de equipes de arbitragem possibilita que seja possível a realização de uma quantidade maior de jogos simultâneos da categoria.
5. Para este trabalho, são considerados torneios possuem de chaveamento direcionado que são pré definidos e devem ser respeitados para cada modalidade presente no mesmo. Um chaveamento direcionado é aquele que já possui seus adversários definidos de forma prévia

para cada jogo. Estes definem quais restrições devem ser consideradas para alocar cada confronto, ou seja, para cada alocação de jogo será considerada apenas as restrições dos participantes que devem se enfrentar.

3.1.2 Restrições Específicas

As restrições específicas são apresentadas por um conjunto de restrições estabelecidas por cada equipe participante, representando cada aspecto das limitações na participação da mesma no evento. A seguir, listamos as restrições consideradas neste trabalho.

1. Por motivos de religião, trabalho ou outros, cada participante pode apresentar restrições de horário nos quais não será possível a participação. As mesmas são individuais de cada modalidade.
2. Durante torneios universitários, atletas de cada equipe podem participar de mais de uma modalidade dentro daquele torneio. É importante evitar a realização simultânea destas modalidades, podendo assim este atleta participar de todos os jogos nos quais é requerido.

As restrições gerais devem ser respeitadas na construção das tabelas dos confrontos. Na literatura, elas são consideradas como restrições *hards*, enquanto as restrições específicas podem ser violadas, ou seja, são consideradas como *softs*. No nosso caso, buscamos minimizar o número de restrições específicas violadas na alocação destes jogos.

3.1.3 Torneios de Tabelas Diárias e Tabelas Totais

No âmbito universitário ao se organizar um torneio, o mesmo pode gerar suas tabelas de duas formas: tabelas diárias e tabelas totais.

Eventos de tabelas diárias elaboram as tabelas de jogos com o conhecimento dos resultados do chaveamento. Nestes ocorrem reuniões noturnas e as tabelas são construídas com base nos resultados obtidos durante o dia. Contudo, eventos de tabelas totais constroem as tabelas de forma prévia para todos os dias do evento sem o conhecimento dos resultados. Desta forma, para um jogo, se acumulam as restrições dos participantes dos jogos anteriores no chaveamento. O TUSCA é um torneio de tabela diária, sendo assim, é necessária a realimentação do modelo proposto com os resultados, vencedores dos jogos do dia, para que seja gerado a escala de jogos do dia seguinte.

3.2 Descrição das Atividades Realizadas

3.2.1 Pré-processamento

De modo a simplificar a quantidade de dados que devem ser inseridos no modelo, é necessário o pré-processamento para que os dados puros e tabelas para o modelo fiquem mais concisos. Desta forma, não só a visualização se torna mais simples, mas também aperfeiçoa os dados para melhor acesso na hora da execução.

3.2.1.1 Dados

Durante composição de uma tabela de jogos, têm-se como padrão que os jogos poderão ser apenas marcados em horários de 30 minutos. Ou seja, no pior caso para as 24 horas de um dia, há 48 *slots* de tempo a serem aplicados ao modelo. Visando a diminuição do número de variáveis, será apenas considerado o intervalo de tempo entre o horário em que a primeira praça esportiva se abre, até o horário em que a última se fecha. Por exemplo, se o primeiro horário de abertura for 8h e o último fechamento as 20h, serão utilizados apenas 24 *slots* de tempo para o problema, restringindo o número de variáveis utilizadas pela metade.

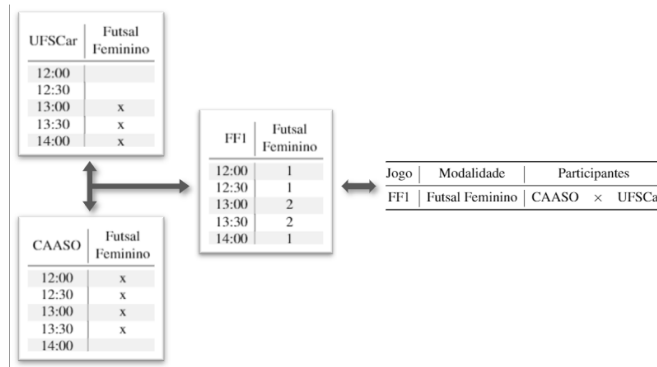
3.2.1.2 Tabelas

Conforme o número de participantes em um torneio se amplia, a quantidade de tabelas começa a se tornar um empecilho. Desta forma, algumas técnicas são utilizadas de forma a simplificar este problema com cada tipo de tabela.

Para as tabelas de restrição de horário, cada jogo presente no chaveamento do evento é associado a uma tabela de restrição de horário conjunta. Ou seja, a tabela final apresenta o número total de conflitos por horário, levando em consideração apenas as tabelas dos participantes envolvidos naquele jogo.

Exemplos extensos de tabelas de restrição de horário podem ser encontradas no Seção [A.2](#) deste documento. Para melhor visualização, a Figura 2 exemplifica uma combinação de tabelas levando em conta um chaveamento simples de apenas um jogo. Considerando este exemplo, podemos observar que a restrição de horário às 13h00 tem peso dois pois ambas as participantes apresentam restrição para este horário.

Figura 2 – Geração de Tabela de Horário Ponderada Única Para Cada Jogo

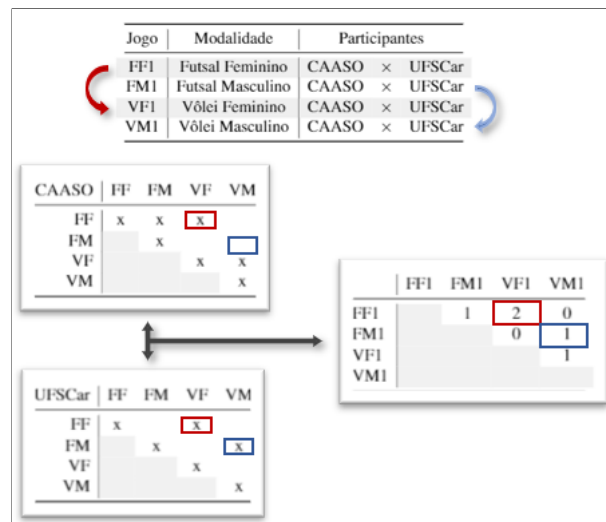


Fonte: Autoria Própria

Para as tabelas de restrições entre modalidades, é gerada uma tabela única, indicando o número de conflitos que ocorreriam se os respectivos jogos fossem marcados na mesma hora. Neste caso, só são adicionadas as restrições de participantes comuns entre os dois jogos em questão. Caso não haja participantes em comum entre os dois jogos ou não existam restrições, o valor zero é atribuído.

A Figura 3 exemplifica a geração da tabela única de conflitos entre jogos, levando em consideração um evento simples com apenas dois participantes. Os valores são calculados com base nas informações presentes nas tabelas individuais. Note que para o conflito entre o jogo *FFI* e *VF1*, em vermelho, há peso dois para a restrição. Isto ocorre pois, nas tabelas base, ambos os participantes possuem restrições para a ocorrência simultânea de jogos de futsal feminino e vôlei feminino. Já para o conflito entre *FM1* e *VM1*, em azul, apenas a UFSCar apresenta restrição. Portanto, a penalização considerada para ocorrência simultânea destes dois jogos é apenas um.

Figura 3 – Geração de Tabela Ponderada Única de Conflito Entre Jogos



Fonte: Autoria Própria

Deste modo, as restrições entre modalidades são representadas por uma única tabela, anteriormente processada, considerando as restrições de conflito por modalidade entre os jogos. E, para restrições de horário, há uma tabela associada a cada jogo existente no chaveamento. Estas são as tabelas finais consideradas para o modelo.

3.2.2 Modelo Proposto

3.2.2.1 Nomenclatura

Conjuntos

C : Conjunto de categorias que classificam as modalidades

H : Conjunto de *slots* de tempo

I : Conjunto de jogos a serem marcados

K : Conjunto de praças esportivas disponíveis

M : Conjunto de modalidades do torneio

P : Conjunto de equipes participantes

Variáveis

$$X_{ikh} = \begin{cases} 1, & \text{se o jogo } i \text{ ocorre na praça esportiva } k \text{ no } slot \text{ de tempo } h, \text{ refere-se apenas ao} \\ & \text{slot de início} \\ 0, & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$CF_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se há conflito entre o jogo } i \text{ e o jogo } j \\ 0, & \text{c.c.} \end{cases}$$

Parâmetros

$$CP_{ic} = \begin{cases} 1, & \text{se a modalidade do jogo } i \text{ pertence à categoria } c \\ 0, & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$Q_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{se a praça } k \text{ pode comportar o jogo } i \\ 0, & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$F_{kh} = \begin{cases} 1, & \text{se a praça } k \text{ está disponível no } slot \text{ de tempo } h \\ 0, & \text{c.c.} \end{cases}$$

H_{it} : Custo do jogo i ser marcado no $slot$ de tempo t , correspondente à restrição de horário apresentada na Figura 2

M_{ij} : Custo do jogo i ser marcado simultaneamente ao jogo j , correspondente à restrição entre modalidades apresentada na Figura 3

S_c : Quantidade de equipes de arbitragem disponíveis para a categoria c

T_i : Quantidade de $slots$ mínimos necessários para a realização do jogo i

g : Quantidade de jogos que exigem alocação

p : Quantidade de praças esportivas disponíveis

max : Quantidade de $slots$ considerados

3.2.2.2 Função Objetivo

O objetivo deste modelo é a minimização do custo de violação das regras específicas. A função objetivo, apresentada em (3.1), é a soma ponderada dos conflitos, considerando as restrições de horário e de modalidade apresentadas pelos participantes dos jogos a serem alocados.

$$\text{Minimizar} \quad \sum_{i=0}^g \left[\sum_{k=0}^p \sum_{h=0}^{max} (X_{ikh} \sum_{\substack{t=h \\ t < max}}^{h+T_i} H_{it}) + \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^g (CF_{ij} M_{ij}) \right] \quad (3.1)$$

A variável binária X_{ikh} , na função acima, corresponde a alocação ou não do jogo i , no local k e no horário h . Esta é utilizada para saber se o custo de restrição de horário deve ou não ser considerado para aquele jogo, sendo apenas considerado o custo de jogos alocados. O custo de restrição de horário é denotado por H_{it} , onde i e t representam o jogo e horário correspondente a alocação, respectivamente. Este valor pode ser obtido através da tabela de restrição de horário associada a i , a técnica utilizada para a construção desta tabela pode ser observada na Figura 2. Além do mais, é necessária a consideração das restrições ao decorrer do jogo de duração T_i , representada pelo somatório que encapsula H_{it} .

Já na segunda parte da função, a variável CF_{ij} representa a simultaneidade ou não dos jogos i e j e auxilia para inferir se o peso deste conflito deve ser considerado. O custo referente a este conflito, é denotado por M_{ij} , onde i e j representam os jogos que estão ocorrendo de forma simultânea. Este valor pode ser obtido de forma direta através da tabela pré-processada representada na Figura 3.

3.2.2.3 Quadras

Para a ocorrência correta de um certo jogo, é necessário que o local escolhido para a sua realização seja adequado àquela modalidade. O conjunto de restrições (3.2) assegura que a praça esportiva k é um local adequado para a realização do jogo i a ser alocado, sendo Q_{ki} binário que

representa a viabilidade de realização e X_{ikh} a variável indicativa à alocação correspondente.

$$X_{ikh} \leq Q_{ki} \quad \forall i \in I, k \in K, h \in H \quad (3.2)$$

Ao que se refere o cumprimento dos horários de funcionamento das praças esportivas, podemos observar o conjunto restrições (3.3). Este assegura que os horários de funcionamento serão respeitados para todos os jogos alocados.

$$X_{ikh} \leq \prod_{t=h}^{h+T_i} F_{kt} \quad \forall i \in I, k \in K, h \in H \quad (3.3)$$

Na inequação (3.3), F_{kt} é um parâmetro binário que indica se a praça esportiva k está disponível no *slot* de tempo t . Para um jogo ser alocado, é necessário que a praça esportiva esteja disponível durante todo o decorrer do jogo.

3.2.2.4 Unicidade e Totalidade dos Jogos

Tendo em consideração que todos os jogos propostos têm de ser marcados, a restrição (3.4) se torna necessária, sendo g a quantidade total de jogos no chaveamento.

$$\sum_{i=0}^g \sum_{k=0}^p \sum_{h=0}^{\max} X_{ikh} = g \quad (3.4)$$

Isto posto, também é necessário atestar que cada jogo será alocado exatamente uma vez.

O conjunto de restrições (3.5) garante que essa condição será satisfeita.

$$\sum_{k=0}^p \sum_{h=0}^{\max} X_{ikh} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.5)$$

3.2.2.5 Sobreposição de Jogos

Considerando que a variável X_{ikh} se refere apenas ao *slot* de tempo h inicial do jogo i alocado, é necessário que seja respeitado o número mínimo de *slots* subsequentes para que os jogos não se sobreponham na mesma praça esportiva. A restrição (3.6) garante que não haja sobreposição entre os jogos, sendo T_i o número mínimo de *slots* necessário para ocorrência de i e M um número suficientemente grande.

$$\sum_{m=h}^{h+T_i} X_{jkm} \leq M(1 - X_{ikh}) \quad \forall i, j \in I, k \in K, h \in H, i \neq j \quad (3.6)$$

3.2.2.6 Conflitos de Jogos

Para ser mantida a forma linear do problema, é necessário que se tenha uma variável CF_{ij} indicando se há conflito entre o jogo i e o jogo j , ou seja se estes ocorrem no decorrer do mesmo horário em praças esportivas diferentes. O conjunto de restrições (3.7) assegura esta verificação.

$$X_{ikh} + \sum_{t=h}^{h+T_i} X_{jkt} \leq 1 + CF_{ij} \quad \forall i, j \in I, k \in K, h \in H, i \neq j \quad (3.7)$$

3.2.2.7 Limitação de Equipe de Arbitragem

Levando em consideração que em todo torneio há uma limitação de equipes de arbitragem disponíveis, o conjunto de restrições (3.8) limita a quantidade de jogos simultâneos de cada categoria, sendo S_c a quantidade de jogos que podem ocorrer simultaneamente de todas as modalidades pertencentes à categoria c . O parâmetro binário CP_{ic} especifica se a modalidade do jogo i pertence àquela categoria.

$$\sum_{i=0}^g \sum_{k=0}^p \sum_{\substack{t=h \\ t < \max}}^{h+T_i} X_{ikt} CP_{ic} \leq S_c \quad \forall c \in C, h \in H \quad (3.8)$$

3.2.3 Implementação

Para fins de teste ao modelo, o mesmo foi implementado utilizando linguagem Python. Em combinação com a linguagem, a implementação também se utiliza da biblioteca Pandas, para a manipulação e pré-processamento dos dados, e o IBM ILOG CPLEX Optimization Studio (CPLEX) como *solver* para o modelo.

Inicialmente todas as tabelas são transformadas em *DataFrames* e pré-processadas utilizando as técnicas previamente mencionadas na Seção 3.2.1. Com os dados pré-processados, os mesmos são inseridos no modelo junto com a definição das variáveis e restrições previamente definidas no modelo proposto apresentado na Seção 3.2.2. Por sua característica genérica, o programa se baseia no tamanho das tabelas para definir a dimensão do problema em questão.

Por fim, o solver retorna as soluções encontradas. Sendo possível assim, a geração de um arquivo *.xlsx* contendo os dados do chaveamento e todas as soluções no espaço de soluções do CPLEX, sendo elas ótimas e não-ótimas. Exemplos de tabelas geradas pelo programa, podem ser observadas na Seção A.5.2. A máquina utilizada para teste possui especificação de 8GB de memória RAM e processador Intel Core i7.

3.3 Resultados Obtidos

De forma a se comparar com uma aplicação real, foram coletados os dados referentes ao TUSCA 2017. Os parâmetros de entrada e resultados, podem ser observados nas tabelas presentes no Apêndice A.

3.3.1 Parâmetros

As tabelas presentes na Seção A.1 se referem a todas as regras gerais regentes no torneio em questão. Estas regras são representadas através de diversas tabelas:

- Tabela 2: especifica o tempo mínimo em minutos que deve ser alocado para a realização de cada modalidade;

- Tabela 3: apresenta todos os horários de funcionamento das quadras esportivas que devem ser respeitados;
- Tabela 4: especifica quais quadras esportivas são adequadas para cada modalidade do torneio;
- Tabela 5: indica quais modalidades pertencem a cada categoria e quantas equipes de arbitragem estão disponíveis para cada uma delas.

As tabelas presentes na Seção A.2 definem as restrições de horário apresentada por cada participante e estas estão divididas por cada dia de torneio. Restrições entre modalidades são apresentadas nas tabelas presentes na Seção A.4 e são individuais de cada participante.

Por fim, o chaveamento considerado para cada dia de torneio se encontra na Seção A.3. Estes serão os parâmetros utilizados para os testes efetuados, considerando que o TUSCA se utiliza da técnica de tabelas totais, ou seja, têm suas tabelas construídas a partir dos resultados do dia anterior.

Como forma de comparação mais rigorosa, para os testes, foram consideradas apenas as praças esportivas presentes nas tabelas oficiais daquele dia, apesar do conhecimento da disponibilidade de outros locais. O objetivo é comparar o comportamento do modelo em comparação com as decisões tomadas de forma manual na construção da tabela original.

3.3.2 Comparação dos Resultados

As tabelas oficiais utilizadas no TUSCA 2017 podem ser observadas na Seção A.5.1 e as tabelas simuladas podem ser conferidas na Seção A.5.2.

Todas as tabelas geradas encontraram soluções ótimas com *zero* conflitos. Constatou-se que as diferenças observadas entre as tabelas oficiais e as geradas pelo modelo, se dão por alguns fatores:

1. Para jogos com peso similar e que ocorrem dentro da mesma praça esportiva, pode haver permutação quanto a sua ordem de alocação;
2. Para alguns jogos da tabela oficial, houve preferência para realização em determinada praça esportiva, por exemplo, jogos do CAASO que ocorreriam no seu próprio ginásio. Para o modelo, todas as praças esportivas são tratadas com a mesma prioridade, por isso se nota variação;
3. Por conta da solução do *solver*, podemos observar que as tabelas simuladas apresentam jogos marcados em horários consideravelmente mais cedo, isso ocorre por conta de *slots* de menor índice serem priorizados;
4. Pelo modelo proposto ter uma forma genérica, abrangendo todos os torneios, não se considera modalidades em que todos os jogos do chaveamento da mesma ocorrem no

mesmo dia. Desta forma, não é considerada a dependência entre os jogos. Podendo causar problemas como no caso da Tabela 38, onde não é considerada a dependência entre os jogos de polo aquático. Pode-se notar que a final *PL5* é alocada antes dos jogos das quais ela depende;

5. Quando feitas manualmente, as tabelas tendem a ser feitas priorizando a logística de movimentação das arbitragens entre as praças esportivas. No modelo, este peso não é considerado, pois poderia restringir de forma excessiva o modelo;
6. Quando feito de forma manual, há uma priorização de restrições por parte das participantes envolvidos na construção da tabela. No caso do modelo, as restrições são tratadas de forma imparcial e podem apresentar divergências.

De forma geral, notou-se que o modelo gerou um resultado satisfatório ao objetivo. E foi necessário, aproximadamente, 15 minutos para a geração de todas as tabelas, abrangendo desde o pré-processamento até a geração dos arquivos com as soluções encontradas pelo *solve*.

3.4 Dificuldades e Limitações

Por conta da grande quantidade de laços necessários para a inserção das restrições, existem limitações computacionais. Conforme se aumenta a complexidade do problema em questão, seja pela quantidade de modalidades, praças esportivas e/ou participantes, o tempo de execução aumenta rapidamente.

CONCLUSÃO

A elaboração de tabelas para eventos esportivos trata-se de um problema complexo que possui várias vertentes, esta complexidade varia a depender de qual vertente o problema deseja-se abordar. No âmbito universitário, estes eventos são passíveis de generalização, por conta de sua similaridade em base de regras e restrições. Tendo em vista que atualmente a sua solução é obtida de forma manual e custosa, a elaboração de um modelo matemático genérico é proposta para a obtenção da solução ótima de forma mais eficiente. Nesse sentido, a utilização de diversos recursos se torna uma abordagem alternativa para a organização. Economizando-se assim tempo, já que não é necessária a elaboração manual, e melhorando a qualidade dos resultados.

Os resultados apresentados neste documento têm em vista auxiliar a elaboração de tabelas esportivas para eventos universitários. Visto que há uma infinidade de soluções não-ótimas possíveis, o modelo proposto, junto com sua implementação, gera uma solução, se possível, ótima que mesmo que não satisfatória, do ponto de vista dos organizadores, pode ser utilizada como base para a elaboração, sofrendo apenas alterações básicas.

Considerando-se que este trabalho tem inicialmente uma aplicação acadêmica, em exceção ao arquivo de saída que é criado de forma a apresentar os resultados de forma visual, não se fez necessária uma interface gráfica para a entrada de dados ao programa ou a utilização de software livre. Para utilização de forma externa à área acadêmica, se recomenda a substituição do CPLEX, no qual é necessário a obtenção de uma licença de software, por um *solver* de software livre, como o *GNU Linear Programming Kit* (GLPK). Da mesma forma, se faz necessária uma interface gráfica que auxilie na introdução das tabelas de forma simples e padronizada, não sendo necessária a execução junto ao terminal.

Os conhecimentos adquiridos pela disciplina de Programação Matemática foram essenciais ao desenvolvimento deste trabalho, dado que a mesma me permitiu possuir a base de conhecimento para compreender o problema e saber modelá-lo de forma satisfatória e correta. Além disso, todas as matérias que me deram base do conhecimento de programação foram essenciais para a implementação deste trabalho, pois me proporcionaram uma rápida adaptação e compreensão de diferentes linguagens e bibliotecas necessárias.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rui; DELGADO, Catarina. **Programação Linear Inteira**. 1997. Trabalho Acadêmico - Faculdade de Economia do Porto, [S. l.], 1997. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/74369/2/40539.pdf>. Acesso em: 17 maio 2019.

BIAJOLI, Fabrício Lacerda. **Resolução do Problema de Programação de Jogos do Campeonato Brasileiro de Futebol**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Bacharelado em Ciências de Computação) - UFOP, Ouro Preto - MG, 2003. Disponível em: <http://www.decom.ufop.br/prof/marcone/Orientacoes/PJCBviaSimulatedAnnealing.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

BIAJOLI, Fabrício Lacerda. **Novas Heurísticas para o Problema de Geração de Escalas de Jogos para Torneios Esportivos**. 2007. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Computação Aplicada) - INPE, São José dos Campos - SP, 2007. Disponível em: http://www.lac.inpe.br/lorena/fabricio/Dissertacao_Fabricio.pdf. Acesso em: 20 maio 2019.

CONCÍLIO, R & ZUBEN, F.J. - **Uma Abordagem Evolutiva para Geração de Turnos Completos em Torneios**., *Revista Controle & Automação*. 2002.

COSTA, D. - **An Evolutionary Tabu Search Algorithm and the NHL Scheduling Problem**. *INFOR*. 1995.

NEMHAUSER, G. L. & TRICK, M. A. - **Scheduling a Major Basketball Conference**. *Operations Research*. 1998.

PAVAN, Marcus Vinícius de Souza. **Heurística para Programação de Tabelas de Competições Esportivas e sua Aplicação ao Campeonato Nacional de Basquete**. 2006. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Computação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ, 2006.

TRICK, M. A. - **A Schedule-Then-break Approach to Sports Timetabling**. *Lecture Notes in Computer Science*. 2000.

APÊNDICE A

TUSCA 2017: DADOS E RESULTADOS

A.1 Tabelas de Regras Gerais

Tabela 2 – TUSCA 2017: tempo mínimo de realização de cada modalidade

Tempo (min)	60	90	120	150
Modalidade	Polo Aquático Vôlei de Areia Feminino Vôlei de Areia Masculino	Handebol Feminino	Basquete Feminino Basquete Masculino Futebol Futsal Feminino Futsal Masculino Handebol Masculino Softbol Vôlei Feminino Vôlei Masculino	Beisebol Flag

Tabela 2 - TUSCA 2017: tempo mínimo de realização de cada modalidade (continuação)

Tempo (min)	180	210	240	300	330	390
Modalidade	Jiu-Jitsu Judô Tênis Feminino Tênis Masculino	Rugby Feminino Taekwondo	Rugby Masculino	Karatê Natação Xadrez	Tênis de Mesa	Atletismo

Tabela 3 – TUSCA 2017: horário de funcionamento das quadras esportivas disponíveis

	Água Vermelha	Quadra de Areia	Ginásio CAASO	Ginásio Federal	Ginásio Zuzão	Ginásio Santa Felícia	Ginásio Redenção
Abertura	7:00	8:00	8:00	8:00	9:00	9:00	8:00
Fechamento	17:00	22:00	24:00	24:00	24:00	22:00	20:00

Tabela 3 - TUSCA 2017: horário de funcionamento das quadras esportivas disponíveis (continuação)

	Tênis CAASO	Piscina Federal	Campo CAASO	Campo Zuzão	Campo Federal	Aquário	Salão Cultural	Campo Santa Felícia
Abertura	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00
Fechamento	21:00	18:00	22:00	22:00	22:00	20:00	20:00	20:00

Tabela 5 – TUSCA 2017: equipes de arbitragem disponíveis por categoria com especificação das modalidades envolvidas

Categoria	Modalidade	Equipes de Arbitragem
1	Atletismo	1
2	Beisebol	1
3	Basquete Feminino Basquete Masculino	1
4	Flag	1
5	Futebol	1
6	Futsal Feminino Futsal Masculino	1
7	Handebol Feminino Handebol Masculino	1
8	Jiu-Jitsu	1
9	Judô	1
10	Karatê	1
11	Natação	1
12	Polo Aquático	1
13	Rugby Feminino Rugby Masculino	1
14	Softbol	1
15	Taekwondo	1
16	Tênis Feminino Tênis Masculino	1
17	Tênis de Mesa	1
18	Vôlei Feminino Vôlei Masculino	2
19	Vôlei de Areia Feminino Vôlei de Areia Masculino	1
20	Xadrez	1

Tabela 19 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela UFSCar para domingo

	22:00	23:00
VM	x	x

Tabela 20 – TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LAURP para domingo

	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
BF									
HF	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HM	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabela 20 - TUSCA 2017: restrições de horário apresentadas pela LAURP para domingo (continuação)

	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
BF					x	x	x	x	x
HF	x	x	x	x					
HM	x	x	x	x	x				

A.3 Chaveamento

A.3.1 Quinta-Feira

Tabela 21 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de quinta-feira

Jogo	Modalidade	Participantes		
TKD	Taekwendo	Todos		
TMG	Tênis de Mesa	Todos		
VAF1	Vôlei de Areia Feminino	LAURP	×	UFSCar
VAF2	Vôlei de Areia Feminino	UFMG	×	LEU
VAF3	Vôlei de Areia Feminino	LAURP	×	LEU
VAF4	Vôlei de Areia Feminino	UFMG	×	CAASO
VAM1	Vôlei de Areia Masculino	UFSCar	×	LAURP
VAM2	Vôlei de Areia Masculino	UFMG	×	LEU
VAM3	Vôlei de Areia Masculino	LEU	×	UFMG
VAM4	Vôlei de Areia Masculino	UTFPR	×	LAURP

A.3.2 Sexta-Feira

Tabela 22 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de sexta-feira

Jogo	Modalidade	Participantes		
ATL	Atletismo	Todos		
BF1	Basquete Feminino	UFMG	×	UTFPR
BF2	Basquete Feminino	LEU	×	LAURP
BM1	Basquete Masculino	LEU	×	UTFPR
BM2	Basquete Masculino	UFMG	×	LAURP
FF1	Futsal Feminino	LAURP	×	UTFPR
FF2	Futsal Feminino	UFMG	×	LEU
FM1	Futsal Masculino	LEU	×	UFMG
FM2	Futsal Masculino	UTFPR	×	LAURP
FUT2	Futebol	LEU	×	LAURP
HF1	Handebol Feminino	LEU	×	LAURP
HF2	Handebol Feminino	UFMG	×	UTFPR
HM1	Handebol Masculino	LAURP	×	UTFPR
HM2	Handebol Masculino	UFMG	×	LEU
JIU	Jiu-Jitsu	Todos		
JUDÔ	Judô	Todos		
KT	Karatê	Todos		
NT	Natação	Todos		
RF	Rugby Feminino	Todos		
RM	Rugby Masculino	Todos		
TF1	Tênis Feminino	LEU	×	UTFPR
TF2	Tênis Feminino	UFMG	×	LAURP
TM1	Tênis Masculino	UFMG	×	LAURP
TM2	Tênis Masculino	LEU	×	UTFPR
VAF5	Vôlei de Areia Feminino	CAASO	×	Vencedor VAF1
VAF6	Vôlei de Areia Feminino	UTFPR	×	Vencedor VAF2
VAF7	Vôlei de Areia Feminino	UTFPR	×	Vencedor VAF3
VAF8	Vôlei de Areia Feminino	UFSCar	×	Vencedor VAF4
VAM5	Vôlei de Areia Masculino	CAASO	×	Vencedor VAM1
VAM6	Vôlei de Areia Masculino	UTFPR	×	Vencedor VAM2
VAM7	Vôlei de Areia Masculino	CAASO	×	Vencedor VAM3
VAM8	Vôlei de Areia Masculino	UFSCar	×	Vencedor VAM4
VF1	Vôlei Feminino	UFMG	×	LAURP
VF2	Vôlei Feminino	LEU	×	UTFPR
VM1	Vôlei Masculino	LEU	×	LAURP
VM2	Vôlei Masculino	UFMG	×	UTFPR

A.3.3 Sábado

Tabela 23 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de sábado

Jogo	Modalidade	Participante		
BF3	Basquete Feminino	CAASO	×	Vencedor BF1
BF4	Basquete Feminino	UFSCar	×	Vencedor BF2
BM3	Basquete Masculino	CAASO	×	Vencedor BM1
BM4	Basquete Masculino	UFSCar	×	Vencedor BM2
BS4	Beisebol	UFSCar	×	Vencedor BS2
FA	Flag	Todos		
FF3	Futsal Feminino	CAASO	×	Vencedor FF1
FF4	Futsal Feminino	UFSCar	×	Vencedor FF2
FM2	Futsal Masculino	UFSCar	×	Vencedor FM2
FM3	Futsal Masculino	CAASO	×	Vencedor FM3
FUT3	Futebol	CAASO	×	Vencedor FUT1
FUT4	Futebol	UFSCar	×	Vencedor FUT2
HF3	Handebol Feminino	CAASO	×	Vencedor HF1
HF4	Handebol Feminino	UFSCar	×	Vencedor HF2
HM3	Handebol Masculino	CAASO	×	Vencedor HM1
HM4	Handebol Masculino	UFSCar	×	Vencedor HM2
SF1	Softbol	CAASO	×	LAURP
SF2	Softbol	UFSCar	×	LEU
TF3	Tênis Feminino	CAASO	×	Vencedor TF1
TF4	Tênis Feminino	UFSCar	×	Vencedor TF2
TM3	Tênis Masculino	CAASO	×	Vencedor TM1
TM4	Tênis Masculino	UFSCar	×	Vencedor TM2
VAF10	Vôlei de Areia Feminino	Vencedor VAF7	×	Vencedor VAF8
VAF9	Vôlei de Areia Feminino	Vencedor VAF5	×	Vencedor VAF6
VAM10	Vôlei de Areia Masculino	Vencedor VAF7	×	Vencedor VAF8
VAM9	Vôlei de Areia Masculino	Vencedor VAF5	×	Vencedor VAF6
VF3	Vôlei Feminino	CAASO	×	Vencedor VF1
VF4	Vôlei Feminino	UFSCar	×	Vencedor VF2
VM3	Vôlei Masculino	CAASO	×	Vencedor VM1
VM4	Vôlei Masculino	UFSCar	×	Vencedor VM2

A.3.4 Domingo

Tabela 24 – TUSCA 2017: chaveamento para os jogos de domingo

Jogo	Modalidade	Participante		
XD	Xadrez	Todos		
BF5	Basquete Feminino	Vencedor BF3	×	Vencedor BF4
HM5	Handebol Masculino	Vencedor HM3	×	Vencedor HM4
HF5	Handebol Feminino	Vencedor HF3	×	Vencedor HF4
BM5	Basquete Masculino	Vencedor BM3	×	Vencedor BM4
VF5	Vôlei Feminino	Vencedor VF3	×	Vencedor VF4
FF5	Futsal Feminino	Vencedor FF3	×	Vencedor FF4
FM5	Futsal Masculino	Vencedor FM3	×	Vencedor FM4
VM5	Vôlei Masculino	Vencedor VM3	×	Vencedor VM4
VAF5	Vôlei de Areia Feminino	CAASO	×	Vencedor VAF1
VAM5	Vôlei de Areia Masculino	CAASO	×	Vencedor VAM1
TM5	Tênis Masculino	Vencedor TM3	×	Vencedor TM4
TF5	Tênis Feminino	Vencedor TM3	×	Vencedor TM4
BS5	Beisebol	Vencedor BS3	×	Vencedor BS4
SF3	Softbol	Vencedor SF1	×	Vencedor SF2
PL2	Polo Aquático	LEU	×	LAURP
PL3	Polo Aquático	CAASO	×	Vencedor PL1
PL4	Polo Aquático	UFSCar	×	Vencedor PL2
PL5	Polo Aquático	Vencedor PL3	×	Vencedor PL4
FUT5	Futebol	Vencedor FUT3	×	Vencedor FUT4

Tabela 26 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pela UFMG

	ATL	BS	BF	BM	FA	FUT	FF	FM	HF	HM	JIU	JUDÓ	KT	NT	POLO	RM	RF	SOFT	TKD	TF	TM	TMG	VF	VM	VMG	VAM	XD		
ATL	x																												
BS		x																											
BF			x																										
BM				x																									
FA					x																								
FUT						x																							
FF							x																						
FM								x																					
HF									x																				
HM										x																			
JIU											x																		
JUDÓ												x																	
KT													x																
NT														x															
POLO															x														
RM																x													
RF																	x												
SOFT																		x											
TKD																			x										
TF																				x									
TM																					x								
TMG																						x							
VF																							x						
VM																								x					
VAM																									x				
XD																										x			

Tabela 30 – TUSCA 2017: restrições entre modalidades apresentadas pelo CAASO

	ATL	BS	BF	BM	FA	FUT	FF	FM	HF	HM	JIU	JUDÓ	KT	NT	POLO	RM	RF	SOFT	TKD	TF	TM	TMG	VF	VM	VMF	VAM	XD		
ATL	x																												
BS		x																											
BF			x																										
BM				x																									
FA					x																								
FUT						x																							
FF							x																						
FM								x																					
HF									x																				
HM										x																			
JIU											x																		
JUDÓ												x																	
KT													x																
NT														x															
POLO															x														
RM																x													
RF																	x												
SOFT																		x											
TKD																			x										
TF																				x									
TM																					x								
TMG																						x							
VF																							x						
VM																								x					
VAF																									x				
VAM																										x			
XD																											x		

A.5 Tabelas de Jogos

A.5.1 Tabelas Oficiais

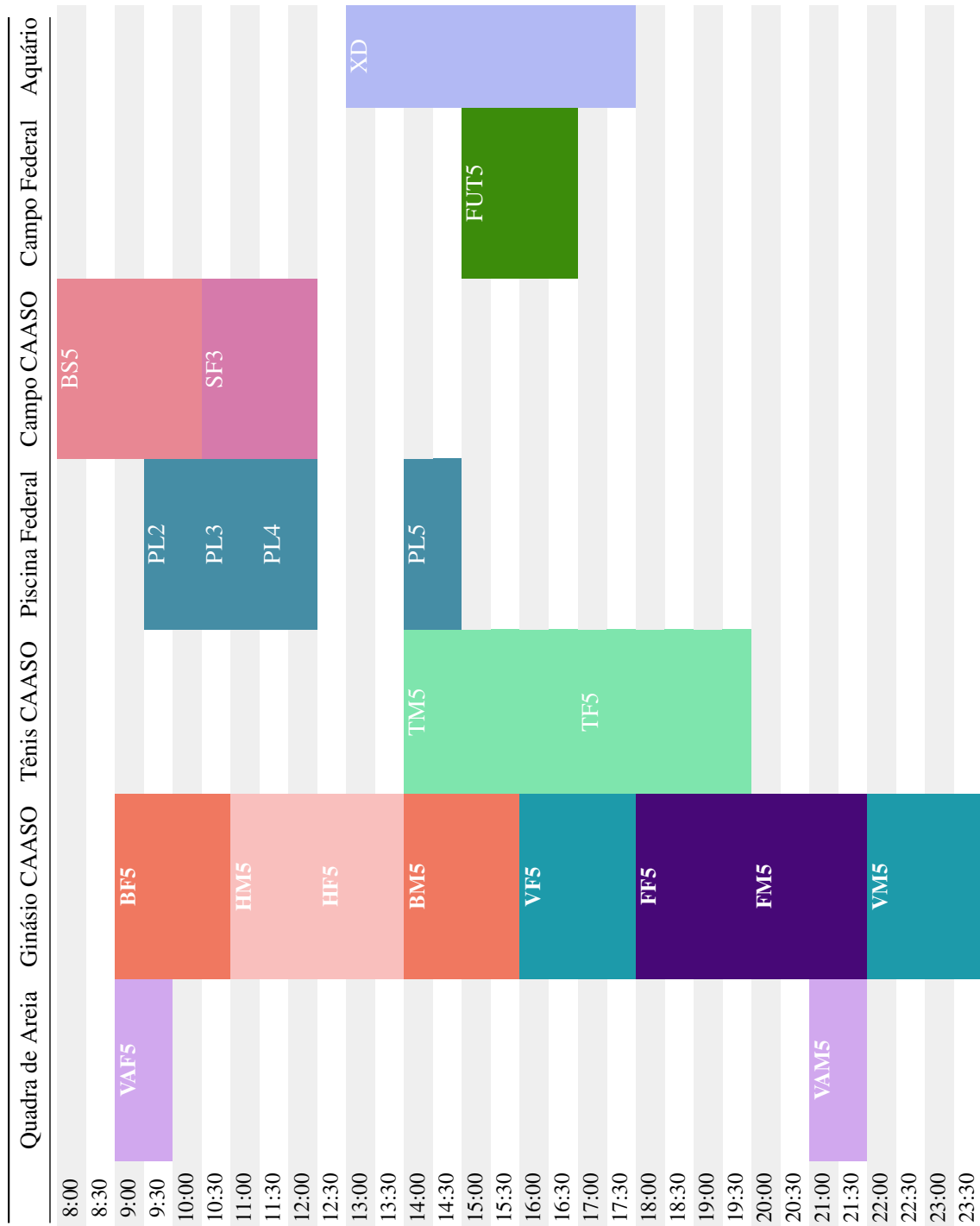
Tabela 31 – TUSCA 2017: tabela oficial de quinta-feira

	Quadra de Areia	Ginásio CAASO	Salão Cultural
8:00	VAF3		
8:30			
9:00	VAF1		
9:30			
10:00	VAM1		
10:30			
11:00	VAM4		
11:30			
12:00			TKD
12:30			
13:00		TMG	
13:30			
14:00			
14:30			
15:00	VAF4		
15:30			
16:00	VAF2		
16:30			
17:00	VAM3		
17:30			
18:00	VAM2		
18:30			

Tabela 33 – TUSCA 2017: tabela oficial de sábado

Quadra de Areia	Ginásio CAASO	Ginásio Federal	Ginásio Zuzão	Ginásio Santa Felícia	Tênis CAASO	Campo CAASO	Campo Federal	Campo Santa Felícia
8:00	VAF9							
8:30								
9:00	VAF10							
9:30								
10:00		FM3		HF4	TF3	BS4		
10:30								
11:00				HM4				
11:30								
12:00		VM3						
12:30								
13:00			VF4		TM4			FA
13:30				BM3				
14:00		VF3						
14:30								
15:00			VM4					
15:30								
16:00		FF3			TM3	SF1	FUT4	
16:30						SF2	FUT3	
17:00								
17:30								
18:00		BF3		FF4				
18:30								
19:00								
19:30	VAM9	HM3		FM2	TF4			
20:00								
20:30	VAM10		BM4					
21:00		HF3						
21:30								
22:00			BF4					
22:30								
23:00								
23:30								

Tabela 34 – TUSCA 2017: tabela oficial de domingo



A.5.2 Resultados da Simulação

Tabela 35 – TUSCA 2017: tabela simulada para quinta-feira

	Quadra de Areia	Ginásio CAASO	Salão Cultural
8:00	VAM3	TMG	TKD
8:30			
9:00			
9:30	VAM2		
10:00			
10:30	VAF4		
11:00			
11:30	VAM4		
12:00			
12:30	VAF2		
13:00			
13:30			
14:00	VAF1		
14:30			
15:00			
15:30			
16:00	VAM1		
16:30			
17:00			
17:30			
18:00			
18:30			
19:00	VAF3		
19:30			

Tabela 37 – TUSCA 2017: tabela simulada para sábado

Quadra de Areia	Ginásio CAASO	Ginásio Federal	Ginásio Zuzão	Ginásio Santa Felícia	Tênis CAASO	Campo CAASO	Campo Federal	Campo Santa Felícia
8:00	VAM9	HM4	VF4					
8:30								
9:00	VAM10			FM3		ST1		
9:30								
10:00		HF4		BM4			FUT4	
10:30								FUT3
11:00					TF3			
11:30								
12:00								
12:30								
13:00								
13:30								
14:00								
14:30								
15:00								
15:30		FF4						
16:00								
16:30								
17:00								
17:30								
18:00								
18:30		VM3		FM2		BS4		
19:00			VM4		TF4			
19:30				FF3				
20:00	VAF9							
20:30								
21:00	VAF10							
21:30		HM3				SP2		
22:00								
22:30			VF3					
23:00				HF3				
23:30								

Tabela 38 – TUSCA 2017: tabela simulada para domingo

