

APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA OTIMIZAÇÃO DE HORÁRIOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO EM MINAS GERAIS¹

Lucas Sebastião Modesto²
Luiza Bernardes Real

RESUMO

A cada semestre, as universidades ao redor do mundo enfrentam um desafio ao planejar a oferta de disciplinas, considerando as restrições relacionadas ao espaço físico e ao corpo docente. Como resultado, foram desenvolvidos diversos *softwares* especializados para automatizar esse processo e chegar a uma solução dentro de um prazo razoável. Este trabalho propõe a criação de um *software* desse tipo para uma instituição de ensino brasileira, uma vez que a solução atualmente utilizada, além de ser paga e consumir um tempo excessivo para ser concluída, nem sempre é viável, dependendo de vários ajustes manuais. Utilizando a linguagem de programação Python 3.8 em conjunto com o CPLEX 20.1.0 da IBM, foi possível implementar um modelo de programação linear inteira. Uma interface simples e intuitiva foi desenvolvida para permitir o uso da ferramenta pela secretaria da instituição. O programa foi testado com dados do primeiro semestre de 2023, resultando em não somente a obtenção de uma solução viável como também em uma redução no tempo de processamento de 95%.

Palavras-chave: USTP. Programação Linear. Pesquisa Operacional.

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING FOR SCHEDULE OPTIMIZATION IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION IN MINAS GERAIS

ABSTRACT

Each semester, universities around the world face the challenge of planning course offerings while considering constraints related to physical space and faculty availability. As a result, various specialized software solutions have been developed to automate this process and provide a solution within a reasonable timeframe. This study proposes the development of such software for a Brazilian educational institution, as the currently used solution, besides being paid and taking an excessive amount of time to complete, does not always find a feasible solution, requiring multiple manual adjustments. Using the Python 3.8 programming language in conjunction with IBM's CPLEX 20.1.0, we implemented an integer linear programming model. A simple and intuitive interface was developed to allow the institution's administrative office to use the tool. The program was tested with data from the first semester of 2023, resulting not only in a feasible solution but also in a 95% reduction in processing time.

¹**Como citar este trabalho:** MODESTO, Lucas Sebastião; REAL, Luiza Bernardes. Aplicação de programação linear para otimização de horários em uma instituição de ensino em Minas Gerais. ForScience, **Formiga**, v. 13, n. 2, e01279, jul./dez. 2025. DOI: [10.29069/forscience.2025v13n2.e1279](https://doi.org/10.29069/forscience.2025v13n2.e1279).

²**Autor correspondente:** Lucas Sebastião Modesto, e-mail: lucassebastio640@gmail.com.

Keywords: UTSP. Linear Programming. Operations Research.

1 INTRODUÇÃO

A elaboração de uma grade de horários é uma tarefa desafiadora enfrentada por muitas instituições de ensino, devido não apenas à mobilização de muitas pessoas e recursos, mas também à necessidade de atender a requisitos organizacionais, pessoais e pedagógicos. Isso se torna um desafio ainda mais intenso no nível universitário, pela quantidade de departamentos, cursos e professores envolvidos, todos eles compartilhando recursos em comum. Conhecido na literatura como *University Timetable Scheduling Problem* (UTSP), refere-se a uma alocação multidimensional em que um professor é designado a lecionar uma disciplina em um horário e local específicos, considerando um conjunto de restrições fortes (aquelas que devem ser cumpridas) e restrições fracas (aquelas que são desejáveis que sejam cumpridas) (SCHAERF, 1999).

Uma forma encontrada para resolver esses problemas é a utilização da pesquisa operacional, mais precisamente, da programação matemática linear inteira, para encontrar um quadro de horários viável ou, até mesmo, o melhor quadro de horários possível. A programação matemática trata de problemas de decisão e utiliza modelos matemáticos para representar o problema real. Esses modelos consistem na definição de variáveis e de relações matemáticas entre essas variáveis que descrevem o comportamento do sistema. Quando essa relação é composta por funções e equações matemáticas lineares, a programação matemática é conhecida como programação linear. Se todas essas variáveis precisam ter valores inteiros, tem-se a programação linear inteira (ARENALES et al, 2011).

Atualmente, existem *softwares*, baseados nas lógicas das soluções presentes na literatura, disponíveis no mercado para auxiliar na construção da grade de horários sem que, para isso, haja a necessidade de se implementar qualquer linha de código. Contudo, muitos desses *softwares* são pagos. Como resultado, é comum encontrar locais onde os horários são construídos manualmente, o que muitas vezes não atende plenamente às expectativas de todos as partes envolvidas. Além disso, qualquer modificação na grade de horários posterior, mesmo que seja simples, pode resultar em horas de retrabalho.

Para a elaboração da grade de horários, a instituição de ensino em questão adota um *software* comercial, licenciado para a escola. Este deve ser preenchido pela secretaria com as seguintes informações: disciplinas a serem oferecidas por semestre, professores que as lecionam, restrições de horário dos professores, entre outros. Todavia, esse sistema não permite adicionar as restrições de forma totalmente satisfatória. Um bom exemplo disso consiste nas restrições relacionadas à jornada de trabalho do docente, regulada por lei. O *software* não permite proibir que um docente lecione antes

das 10h30, caso tenha dado aula até às 22h30 da noite anterior.

O sistema empregado atualmente no Campus demora algumas horas para encontrar uma solução, e esta nem sempre consegue uma alocação de todas as aulas, respeitando os critérios de laboratório e horário. Isso causa a necessidade de manipulações manuais após a geração do quadro de horário pelo *software*, resultando em um tempo total de, em média, quinze dias para finalização dessa tarefa.

Outro ponto importante é o crescimento da instituição estudada. Quando o programa foi adquirido, inicialmente em 2013, apenas oito cursos eram ofertados. Hoje, já são ofertados doze cursos diferentes. Esse aumento não somente acrescenta mais dificuldades na elaboração da grade de horários devido ao número absoluto de disciplinas ofertadas por semestre, como também adiciona muitas outras restrições relacionadas aos docentes (jornadas de trabalho, dias que não estão disponíveis etc.) e aos recursos físicos (salas de aulas disponíveis e laboratórios), tornando-se cada vez mais difícil atender a todos os requisitos necessários.

Nesse contexto, surge a necessidade de desenvolver estratégias alternativas para realizar essa tarefa. Portanto, o objetivo desta pesquisa é elaborar uma ferramenta baseada na implementação de um modelo matemático de programação linear inteira, a fim de auxiliar no processo de criação da grade de horários da instituição de ensino em questão, tornando-o eficaz e mais eficiente. Eficaz porque contemplará as demandas e interesses individuais dos usuários finais, professores e estudantes. E eficiente no sentido de que a execução da tarefa demandará menos tempo, permitindo que os servidores se dediquem a outras atividades que possam agregar mais valor à instituição.

A estrutura deste artigo está organizada da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta a descrição do problema e algumas de suas aplicações no Brasil. Na Seção 3, são detalhados a metodologia empregada e os procedimentos adotados. A Seção 4 aborda a instituição de ensino na qual o estudo foi aplicado, além de fornecer informações sobre a ferramenta desenvolvida. Por fim, a Seção 5 oferece uma revisão sucinta do tema e dos resultados obtidos, acompanhada de uma discussão sobre os aspectos que ainda necessitam de aprimoramento no modelo final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Schaefer (1999), o UTSP consiste em alocar um conjunto de eventos em um conjunto de slots de tempo pré-definidos e fixos. Nesse caso, eventos correspondem a uma atividade agendada que envolve docentes, discentes e recursos (salas de aula, por exemplo). Os slots de tempo são intervalos de tempo em que cada evento será agendado, incluindo o dia da semana e o horário do dia.

Em termos de complexidade computacional, este problema é classificado como *NP-hard* (EVEN; ITAI; SHAMIR, 1976), com várias pesquisas anteriores apresentando diferentes modelos matemáticos e algoritmos para sua solução. Revisões bibliográficas sobre o assunto podem ser encontradas em Babei, Karimpour e Hadidi (2015) e Tan et al. (2021).

Em relação ao estudo e aplicação desse problema no Brasil, Filho e Gomes (2009) propuseram uma formulação linear inteira para realizar a programação de horários dos professores de matemática do Departamento de Tecnologias e Linguagens do Instituto Multidisciplinar da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Andrade, Scarpin e Steiner (2012) usaram a linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA) para implementar um modelo matemático de programação linear binária para a geração de grade de horários do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná. Poulsen, Bucco e Bandeira (2014) implementaram uma programação inteira mista para elaborar a grade de horários da UniFed com o intuito de reduzir o número de salas de aulas utilizadas, uma vez que essa universidade precisava reduzir custos com imóveis alugados.

Mais recentemente, Moreira e Conalço (2019) apresentaram um modelo matemático que busca minimizar as janelas de aulas, maximizar a preferência dos professores, minimizar aulas aos sábados e minimizar a quantidade de dias de aulas dos professores no Instituto Federal de São Paulo. Tem-se também o trabalho de Queiroz *et al* (2020), que elaborou um modelo matemático para maximizar o atendimento da preferência de horários dos professores no curso de Engenharia de Produção Civil do Instituto Federal do Ceará.

Devido às particularidades de cada instituição de ensino, é difícil ter um modelo matemático padrão que atenda a todas as instituições. Dessa forma, esse trabalho propõe um modelo matemático de programação linear inteira para atender as especificidades da elaboração da grade de horários de uma instituição de ensino de Minas Gerais.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa possui uma natureza aplicada e adota uma abordagem quantitativa. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas não estruturadas e de diálogos, com o objetivo de obter uma compreensão mais aprofundada das operações e da dinâmica dos agentes envolvidos.

O primeiro passo foi a pesquisa na literatura sobre modelos matemáticos preexistentes criados para solucionar o UTSP. Em seguida, realizaram-se alguns encontros com a direção do Campus, a fim de entender melhor o processo atual utilizado e suas particularidades. Com essas informações em mãos, foi possível modelar matematicamente o problema e então validar a modelagem com a direção.

Após algumas reuniões com o diretor, a formulação matemática foi implementada e usou-se

um solver comercial para resolvê-la. Um conjunto de encargos didáticos foi utilizado como parâmetro de entrada do modelo como forma de validá-lo. Por fim, para facilitar a utilização dessa solução no dia a dia, foi feito o modelamento em *software*, culminando em um programa funcional, com uma GUI (*Graphical User Interface* – Interface gráfica para o usuário).

4 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção, será apresentado o Campus escolhido para o estudo e algumas de suas particularidades. Será também discutido o modelo matemático desenvolvido para a instituição, definindo todas as restrições, variáveis e parâmetros. Finalmente, será abordada a interface gráfica criada como um *front end* para o código e os resultados encontrados para a solução atual e a desenvolvida ao longo do texto.

4.1 Local de estudo

A instituição de ensino de Minas Gerais em questão, no momento que essa pesquisa foi realizada, contava com aproximadamente 1200 alunos e 71 professores, com o horário de atuação dividido em três períodos: diurno, que contempla os cursos Técnicos Integrados de Mecânica, Edificações e Mineração; vespertino, que contempla os cursos de Engenharia Mecânica e os Técnicos Concomitantes de Edificações e Mineração; e, noturno, que contempla os cursos de Engenharia de Produção, Letras, Física e os Técnicos Subsequentes de Mecânica, Edificações e Mineração.

Os cursos de Engenharia Mecânica e Física possuem particularidades. Enquanto as disciplinas dos cursos vespertinos podem ser ofertadas das 14h00 às 17h40, as disciplinas de Engenharia Mecânica podem ser ofertadas das 14h00 às 18h30. No período noturno, as disciplinas podem ser ofertadas das 18h50 às 22h30. Para o curso de Física, porém, o primeiro horário pode ser às 18h00. Para abranger essas especificidades, adotou-se aqui o conceito de modalidade. A modalidade 1 consiste na oferta de disciplinas na parte da manhã, das 07h30 às 12h00. A modalidade 2 consiste na oferta de disciplinas na parte da tarde, das 14h00 às 17h40. A modalidade 3 consiste na oferta de disciplinas na parte da noite, das 18h50 às 22h30. A modalidade 4 consiste na oferta de disciplinas das 14h às 18h30. Por fim, a modalidade 5 constitui-se na oferta de disciplinas das 18h00 às 22h30.

Em relação à jornada de trabalho dos professores da instituição de ensino em questão, eles podem lecionar nos períodos diurno e vespertino (jornada 1) ou nos períodos vespertino e noturno (jornada 2). Isto se dá devido à IN1-18/01/2019, a norma que regula o horário de trabalho dos professores para garantir um período de descanso mínimo entre os horários de aula, e que também

estipula um máximo de 7 aulas por dia por professor. A Figura 1 detalha os horários de cada modalidade e jornada.

Horário	Turno	Modalidade	Jornadas
07:30	Manhã	1	1
08:20	Manhã	1	1
09:10	Manhã	1	1
10:20	Manhã	1	1, 2
11:10	Manhã	1	1, 2
14:00	Tarde	1, 2, 4	1, 2
14:50	Tarde	1, 2, 4	1, 2
16:00	Tarde	1, 2, 4	1, 2
16:50	Tarde	1, 2, 4	1, 2
17:40	Tarde	4	1, 2
18:00	Noite	5	1, 2
18:50	Noite	3, 5	1, 2
19:40	Noite	3, 5	1, 2
20:50	Noite	3, 5	2
21:40	Noite	3,5	2

Quadro 1 - Tabela de horários
 Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 Modelo matemático

Essa subseção apresenta o modelo matemático elaborado para auxiliar na elaboração da grade de horários do Campus estudado. Os parâmetros, as variáveis de decisão, a função objetivo e as restrições são apresentados a seguir, nessa ordem.

Parâmetros:

$D = \{0,1, \dots, 4\}$: conjunto de dias da semana

M^- : quantidade total de matérias

$M = \{0,1, \dots, M^-\}$: conjunto de matérias

H^- : quantidade total de slots de horários

$H = \{0,1, \dots, H^-\}$: conjunto de horários

P^- : quantidade total de professores

$P = \{0,1, \dots, P^-\}$: conjunto de professores

T^- : quantidade total de modalidades

$T = \{0,1, \dots, T^-\}$: conjunto de modalidades

C^- : quantidade total de cursos ofertados

$C = \{0,1, \dots, C^-\}$: conjunto de cursos ofertados

J^- : quantidade total de opções de jornada de trabalho

$J = \{0,1, \dots, J^-\}$: conjunto de jornadas de trabalho

S^- : quantidade total de tipos de salas

$S = \{0,1, \dots, S^-\}$: conjunto de tipos de salas

H^t^- : quantidade total de horários $h \in H$ pertencentes à modalidade $t \in T$

$H^t = \{0,1, \dots, H^t^-\}$: conjunto de horários $h \in H$ pertencentes à modalidade $t \in T$

M^p^- : quantidade total de matérias $m \in M$ ofertadas pelo professor $p \in P$

$M^p = \{0,1, \dots, M^p^-\}$: conjunto de matérias $m \in M$ ofertadas pelo professor $p \in P$

Q^c^- : quantidade total de períodos no curso $c \in C$

$Q^c = \{0,1, \dots, Q^c^-\}$: conjunto de períodos no curso $c \in C$

M^{cq^-} : quantidade total de matérias ofertadas no curso $c \in C$ no período $q \in Q^c$

$M^{cq} = \{0,1, \dots, M^{cq}^-\}$: conjunto de matérias ofertadas no curso $c \in C$ no período $q \in Q^c$

H^j^- : quantidade total de horários $h \in H$ pertencentes à jornada $j \in J$

$H^j = \{0,1, \dots, H^j^-\}$: conjunto de horários $h \in H$ da jornada $j \in J$

M^s^- : quantidade total de matérias que devem ser ofertadas em salas do tipo $s \in S$

$M^s = \{0,1, \dots, M^s^-\}$: conjunto de matérias $m \in M$ que devem ser ofertadas em salas do tipo $s \in S$

ϕ_m : modalidade da matéria $m \in M$

ρ_m : quantidade de créditos da matéria $m \in M$

b^s : quantidade de salas do tipo $s \in S$

Variáveis de decisão:

$x_{mdh} = \{1, \text{ se a matéria } m \in M \text{ é ofertada no dia } d \in D \text{ no horário } h \in H; 0, \text{ caso contrário.}\}$

$z_{pj} = \{1, \text{ se o professor } p \in P \text{ trabalhará na jornada } j \in J; 0, \text{ caso contrário.}\}$

Função objetivo:

Por enquanto, está buscando apenas a viabilidade do modelo, logo a função objetivo é a seguinte:

$\min 100$

Restrições do modelo:

1. Proíbe as matérias de serem ofertadas fora da sua modalidade:

$$\sum_{d \in D} \sum_{\substack{h \in H^t \\ t = \phi_m}} x_{mdh} = 0 \quad \forall m \in M \quad (1)$$

2. Garante que o número de horários alocados para uma matéria respeita sua quantidade de créditos:

$$\sum_{d \in D} \sum_{h \in H} x_{mdh} = \rho_m \quad \forall m \in M \quad (2)$$

3. Garante que matérias de 4 créditos tenham no máximo 2 aulas por dia:

$$\sum_{h \in H} x_{mdh} \leq 2 \quad \forall m \in M: \rho_m = 4, d \in D \quad (3)$$

4. Garante que matérias pertencentes ao mesmo curso e ao mesmo período não são ofertadas no mesmo dia e horário:

$$\sum_{m \in M^{c,q}} x_{mdh} \leq 1 \quad \forall d \in D, h \in H, c \in C, q \in Q^c \quad (4)$$

5. Garante que matérias ofertadas por um mesmo professor não são ofertadas no mesmo dia e horário:

$$\sum_{m \in M^p} x_{mdh} \leq 1 \quad \forall p \in P, d \in D, h \in H \quad (5)$$

6. Garante que cada professor dê no máximo 7 aulas por dia:

$$\sum_{h \in H} \sum_{m \in M^p} x_{mdh} \leq 7 \quad \forall p \in P, d \in D \quad (6)$$

7. Garante que cada professor seja alocado em exatamente uma jornada:

$$\sum_{j \in J} z_{pj} = 1 \quad \forall p \in P \quad (7)$$

8. Garante que o professor leccione apenas nos horários pertencentes à jornada que ele é alocado:

$$z_{pj} + x_{mdh} \leq 1 \quad \forall p \in P, m \in M^p, d \in D, j \in J, h \notin H^j \quad (8)$$

9. Garante que a quantidade de matérias que precisam de um determinado tipo de sala que são alocadas no mesmo dia e horário respeite a quantidade disponível desse tipo de sala:

$$\sum_{m \in M^s} x_{mdh} \leq b_s \quad \forall d \in D, h \in H, s \in S \quad (9)$$

4.3 Interface gráfica

Para tornar o solver mais fácil de usar para a secretaria, foi desenvolvida uma interface com uma janela gráfica. Essa interface permite que os usuários selecionem os arquivos necessários e

iniciem o solver de forma mais conveniente:

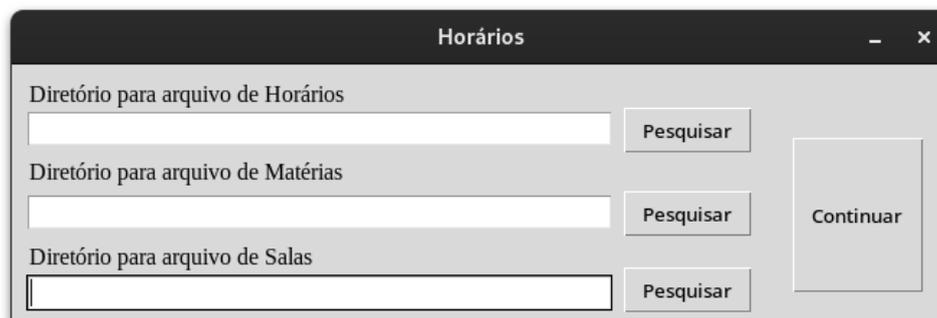


Figura 2 – Interface Inicial do *software*
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao executar o *software*, o usuário se deparará com a Figura 2, que solicita a escolha de três arquivos. O arquivo de horários contém os horários de aula do campus, mostrando para cada horário o turno, a modalidade e a jornada de trabalho daquele horário. O arquivo Matérias apresenta todas as disciplinas a serem ofertadas naquele semestre. Por disciplina, tem-se a informação do curso, do número de créditos, da necessidade de laboratório e do professor responsável por lecioná-la. Finalmente, o terceiro arquivo a ser selecionado informa as salas que a instituição possui atualmente, tanto a quantidade quanto os tipos.

Ao pressionar o botão de continuar, os arquivos de entrada são lidos, o modelo matemático é construído e o solver é acionado para resolvê-lo. Enquanto isso, é exibida uma barra mostrando o progresso de solução.

Após a resolução do modelo e a elaboração do quadro de horários, os resultados são transformados em tabelas LaTeX por meio de um pós-processamento implementado, e estes são transformados em PDFs divididos em dois tipos: o resultado por curso e por período (Figura 4) e o resultado por professor (Figura 5).

Horario	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
14:00	Topografia II	Tecnologia das Construcoes	Desenho aplicado II	Desenho aplicado II	Topografia II
14:50	Projeto arquitetônico I	-	Projeto arquitetônico I	Materiais de construcao II	Projeto arquitetônico I
16:00	Estabilidade das Construcoes	Estabilidade das Construcoes	Desenho aplicado II	Mecanica dos solos II	Tecnologia das Construcoes
16:50	-	Tecnologia das Construcoes	Mecanica dos solos II	Tecnologia das Construcoes	Materiais de construcao II

Figura 3 – Exemplo de horário da turma do curso Subsequente de Edificações do segundo período gerado pelo *software*
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Horario	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
07:30	-	-	-	-	-
08:20	-	-	-	-	-
09:10	-	-	-	-	-
10:20	-	-	-	-	Elementos de maquinas
11:10	-	-	-	-	Elementos de maquinas
14:00	-	-	Modelamento de sistemas dinamicos	-	-
14:50	-	-	Modelamento de sistemas dinamicos	-	-
16:00	-	-	-	-	-
16:50	Modelamento de sistemas dinamicos	-	-	Elementos de maquinas II	Elementos de maquinas II
17:40	Modelamento de sistemas dinamicos	-	-	Elementos de maquinas II	Elementos de maquinas II
18:00	-	-	-	-	-
18:50	Elementos de Maquinas	Elementos de Maquinas	-	-	-
19:40	Elementos de Maquinas	Elementos de Maquinas	-	-	-
20:50	-	-	-	-	-
21:40	-	-	-	-	-

Figura 4 – Quadro de horários para o professor
 Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Resultados

O modelo matemático (1)-(11) foi implementado na linguagem de programação Python versão 3.8 e resolvido pelo solver da IBM, o Cplex versão 20.1.0, em um computador que utiliza o sistema operacional Linux. Esse computador possui um processador Intel Core i7-9750H, com doze núcleos e possui 16GB de memória RAM. A interface do programa foi construída utilizando as bibliotecas Tkinter na versão 3.8.16 e PySimpleGUI na versão 0.9.53.

Para a validação e avaliação da ferramenta desenvolvida, foi realizado um teste tanto no *software* utilizado atualmente pela secretaria como no modelo matemático desenvolvido, comparando assim o resultado encontrado e o tempo de execução. Para isso, os encargos didáticos do primeiro semestre de 2023 foram considerados.

Primeiramente, foi realizado o teste utilizando o *software* adotado pelo Campus, a fim de se estabelecer uma base de referência para a solução encontrada pela ferramenta desenvolvida. Neste teste inicial, o processo demorou pouco mais que uma hora para encontrar uma solução, e mesmo assim não conseguiu alocar todas as turmas de forma a atender os requerimentos. De todas as 322 disciplinas cadastradas, não foi possível alocar 13 delas.

Por outro lado, a ferramenta desenvolvida foi capaz de realizar o processamento de dados, solucionar o problema e gerar os arquivos PDF em média de 2 minutos e 16 segundos, sem erros no processo. Isso significa que todas as disciplinas foram alocadas respeitando as restrições estabelecidas.

Analisando mais detalhadamente a solução obtida pelo *software* adotado hoje pelo Campus, como exemplo de não alocação de disciplinas, é possível citar as disciplinas de Língua Inglesa 7 e Física Nuclear, do sétimo período dos cursos de Letras e Física, respectivamente. Apesar da disciplina de Língua Inglesa VII ser uma disciplina de 4 créditos, o *software* não conseguiu alocar os 4 horários desta disciplina. Provavelmente, ocorreu choque de horários entre a disponibilidade do professor e os

únicos horários vagos no sétimo período da Letras. Em relação ao curso de Física, apesar da disciplina Física Nuclear fazer parte do sétimo período, o *software* não foi capaz de alocá-la.

Este resultado do programa é consistente com os relatos da administração que afirmam precisar fazer várias revisões no resultado, com a solução gerada pela que foi empregada na época precisando ser manualmente modificada mais de quarenta vezes até que se chegasse a um resultado satisfatório para todas as partes envolvidas.

Na solução obtida pela ferramenta desenvolvida neste trabalho, nos dois casos, foi possível alocar todas as disciplinas de cada período. Para a turma de Física, mais do que isso, foi possível gerar um dia sem aulas, o que permite aos alunos um tempo para estudos e trabalhos eventuais das disciplinas que estão cursando.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, o UTSP é um problema recorrente e comum em muitas instituições de ensino por todo mundo, podendo levar dias para a secretaria das universidades poderem chegar a um resultado que atenda a todas as restrições e necessidades. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma solução para este problema para uma instituição de ensino de Minas Gerais, considerando suas especificidades. Para isso, implementou-se um modelo de programação linear inteira, utilizando-se um solver comercial para resolvê-lo. Com o intuito de permitir o uso da ferramenta pela secretaria da instituição, uma interface de usuário simples e intuitiva foi desenvolvida.

Para validar a solução proposta, os encargos didáticos do 1º semestre de 2023 foram avaliados. O modelo desenvolvido conseguiu apresentar os resultados de forma ágil, gastando em média 2 minutos e 16 segundos para execução, enquanto o *software* atualmente empregado pela instituição gastou aproximadamente uma hora para gerar as grades de horário, e mesmo assim ainda falhou em alocar todas as disciplinas.

A simplicidade da ferramenta desenvolvida e a qualidade da solução refletem seu potencial de tornar o processo de elaboração da grade de horários do Campus mais eficiente. Como trabalhos futuros, propõe-se a incorporação de outras restrições ao modelo. Por exemplo, essa versão não considera os casos em que as turmas precisam ser divididas para que metade dos alunos tenham aula prática e outra metade aula teórica. Outro ponto que pode ser contemplado como trabalho futuro é considerar as turmas do curso recém adicionado de pós-graduação.

REFERÊNCIAS

- ARENALES, M. et al. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011.
- BABAEI, Hamed; KARIMPOUR, Jaber; HADIDI, Amin. A survey of approaches for University course timetabling problem. **Computers & Industrial Engineering**, v. 86, p. 43-59, 2015.
- ANDRADE, P. R. L.; SCARPIN, C. T.; STEINER, M. T. A. Geração da grade horária do curso de engenharia de produção da ufpr através de Programação linear binária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2012. **Anais [...]** Rio de Janeiro: SBPO, 2012
- EVEN, S.; ITAI, A.; SHAMIR, A. On the complexity of timetable and multicommodity flow problems. **Siam Journal of Computing**, 5(4), 691–703, 1976.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- MOREIRA, J. P.; COLNAGO, G. **Otimização de grade de horários de professores e disciplinas: refinamento das soluções por penalizações na função objetivo**. Disponível em: <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2019/trabalhos/otimizacao-de-grade-de-horarios-de-professores-e-disciplinas-refinamento-das-sol?lang=pt-br>. Acesso em: 31 abr. 2023.
- POULSEN, C. J. B.; BUCCO, G. B.; BANDEIRA, D. L. Uma proposta de programação matemática para o university course timetabling problem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, XLV, 2020. **Anais [...]** Salvador: SBPO, set. 2014, p. 979– 990
- QUEIROZ, R. S; MESQUITA, L. M. O.; LIMA, V. G.; MARQUES, C. A. N.; FRUTUOSO, R. L. Proposta de um modelo para o school timetabling problem em um instituto federal de educação, ciência e tecnologia. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, LII, 2020. **Anais [...]** João Pessoa: SBPO, set. 2020.
- SCHAERF, Andrea. A survey of automated timetabling. **Artificial intelligence review**, v. 13, n. 2, p. 87- 127, 1999.
- SOUZA FILHO, E. M.; GOMES, Carla Regina. Programação do quadro de horários de disciplinas de uma universidade via programação inteira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, XLI, 2009. **Anais [...]** Porto Seguro: SBPO, p. 357-368, 2009.
- TAN, Joo Siang et al.. A survey of the state-of-the-art of optimisation methodologies in school timetabling problems. **Expert Systems with Applications**, v. 165, p. 113943, 2021.

DADOS DOS AUTORES:

Lucas Sebastião Modesto

E-mail: lucassebastio640@gmail.com

Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4442635956784867>

Possui ensino médio pela Escola Estadual Lamartine de Freitas (2016) e graduação em Engenharia de

Produção pelo Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Congonhas, concluída em 2023.

Luiza Bernardes Real

E-mail: luizabernardesreal@gmail.com

Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0044563053595991>

Doutora (2020) e Mestre (2015) em Otimização de Sistemas Logísticos e de Grande Porte e Engenheira de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professora no Instituto Federal de Minas Gerais Campus Congonhas.