

1.03.02 - Ciência da Computação / Matemática da Computação.

TÉCNICAS PARA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE TURMAS ÀS SALAS DE AULA

Maria L. T. Santos^{1*}, Eduardo D. Bernardes²

1. Estudante de Ciência da Computação do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da UESC.
2. Professor do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da UESC.

Resumo

Este trabalho busca analisar o problema de alocação de turmas às salas de aula do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET) da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), tendo como objetivo a maximização da quantidade de turmas alocadas às salas de aula do Pavilhão deste Departamento. As estratégias de resolução propostas foram baseadas na Teoria de Programação Linear Inteira, com a utilização de modelagens matemáticas e o desenvolvimento de uma heurística construtiva. Os resultados obtidos mostraram uma melhoria de até 51,20% na quantidade de turmas alocadas, quando comparados ao processo de alocação realizado manualmente pela própria instituição, contribuindo assim para um melhor aproveitamento do espaço físico disponível na universidade.

Autorização legal: Nenhuma.

Palavras-chave: Problema de Designação; Programação Linear Inteira; Método Heurístico.

Apoio financeiro: FAPESB – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia.

Trabalho selecionado para a JNIC: UESC – Universidade Estadual de Santa Cruz.

Introdução

Um dos problemas administrativos bastante enfrentados pelas instituições de ensino, principalmente as de Ensino Superior, é o de alocação de turmas às salas de aula. Este problema faz parte do grupo *NP-Hard* (LEWIS; THOMPSON, 2015) e pode ser solucionado com a utilização da Pesquisa Operacional, através de métodos exatos e heurísticas. Ademais, as diferentes formas de organização de cada instituição de ensino podem fazer com que diversas variações deste problema sejam abordadas.

Dentre as principais características a serem analisadas para resolução, destacam-se a capacidade de cada sala de aula, a demanda da turma, assim como os seus respectivos horários, a não possibilidade de choque de turmas em uma mesma sala de aula e a não atribuição de mais de uma sala por horário para cada turma. Na maioria dos casos, busca-se maximizar a quantidade de turmas alocadas nas salas de aula para um melhor aproveitamento do espaço físico disponibilizado pela instituição, mas outros objetivos também podem ser considerados, como a redução do consumo de energia (ALVES; SUBRAMANIAN; BRITO, 2019) e redução do deslocamento dos grupos (KRIPKA; KRIPKA; SILVA, 2011).

Geralmente esse tipo de problema é resolvido de forma manual por um grupo de funcionários das instituições, onde estes analisam as turmas e as salas de aula disponíveis. Esse tipo de trabalho, além de exaustivo, demanda um tempo elevado que poderia ser minimizado com a utilização de ferramentas tecnológicas e técnicas de otimização, possibilitando a obtenção de uma solução de qualidade e de maneira rápida.

O propósito deste trabalho é tratar o problema de alocação de turmas às salas de aula do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET) da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), buscando oferecer uma alternativa mais eficaz que o processo manual atualmente utilizado, além de contribuir para a literatura relacionada.

Metodologia

Para desenvolvimento do trabalho proposto, realizou-se um levantamento de referências bibliográficas que foram importantes para o estudo da Teoria de Programação Linear Inteira, com foco na construção e resolução de modelos matemáticos, e para o desenvolvimento de uma estratégia heurística.

A resolução do problema se deu com a elaboração de modelos matemáticos de Programação Linear Inteira e de uma heurística construtiva. Ambos os modelos apresentavam uma função objetivo buscando maximizar o número de turmas alocadas às salas de aula do pavilhão do DCET, com a diferença de que no primeiro modelo as turmas poderiam apresentar alocações em salas diferentes ao decorrer da semana, enquanto que no segundo modelo todas as aulas de uma turma eram atribuídas a apenas uma sala de aula, independentemente da quantidade de dias nos quais a turma tem aula. A heurística construtiva também apresentou uma restrição de alocação de uma turma a apenas uma sala de aula, com a ideia de construção da solução sendo realizada por meio de uma lista de turmas ordenada de acordo com a quantidade de aulas da

mesma em uma semana, onde esta turma seria atribuída a uma sala, caso a mesma estivesse disponível em todos os horários de aula desta turma.

Uma instância foi gerada de acordo com os dados disponibilizados por setores da própria universidade, referentes ao semestre 2019.1, e utilizada para validação e comparações entre os resultados obtidos pelos métodos de solução produzidos e a solução manual utilizada pela própria universidade.

As implementações e execução dos testes, tanto dos modelos matemáticos quanto da heurística desenvolvida, foram realizadas com a linguagem de programação Python 3.9 (2020), juntamente com a IDE PyCharm (2020) e o Jupyter Notebook (2020), além da ferramenta Anaconda (2020) para gerenciamento dos ambientes virtuais. O computador portátil utilizado apresenta sistema Kubuntu 21.04 (2021), processador Intel Core i7 7ª Geração CPU 2.80GHz, placa de vídeo dedicada NVIDIA GeForce GTX 1050ti, 16GB de Memória RAM e SSHD de 1TB.

Resultados e Discussão

Para validação dos métodos de solução, foi utilizada uma instância considerando apenas as turmas do DCET, com a suas demandas e os seus respectivos horários, e as salas de aula do pavilhão do referido departamento. Nesta instância, são 12 cursos, 16 salas de aula teóricas, e 310 turmas, com os horários distribuídos nos turnos matutino, vespertino e noturno, durante a semana, entre segunda e sábado. No semestre considerados, apenas 166 das 310 turmas foram alocadas no pavilhão do DCET, de acordo com a solução manual do departamento.

Os modelos matemáticos desenvolvidos foram implementados e resolvidos com os *solvers* CBC (COIN-OR branch and cut) (2019) e Gurobi (2021). Para ambos os modelos e *solvers*, Tabela 1 e Tabela 2, as soluções encontradas foram ótimas, com uma quantidade de 251 turmas alocadas, apresentando uma melhoria de cerca de 51,20% quando comparadas com a solução manual utilizada pela instituição, de 166 turmas alocadas.

Tabela 1 – Tempo de execução do Modelo 1.

| | Tempo de execução (s) | Número de turmas alocadas |
|----------------|-----------------------|---------------------------|
| Solução Manual | - | 166 |
| CBC | 92,01 | 251 |
| Gurobi | 30,29 | 251 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 2 – Tempo de execução do Modelo 2.

| | Tempo de execução (s) | Número de turmas alocadas |
|----------------|-----------------------|---------------------------|
| Solução Manual | - | 166 |
| CBC | -* | - |
| Gurobi | 439,74 | 251 |

* O solver CBC não apresentou uma solução factível no tempo limite de 10 minutos

Fonte: Autoria Própria.

A heurística, baseada em Freire e Melo (2016), obteve uma solução com um total de 237 turmas alocadas, em um tempo menor que 1 segundo, além de apresentar uma melhoria de cerca de 42,77% quando comparada com a solução manual utilizada pela instituição.

Embora as soluções dos *solvers* tenham alocado 251 turmas, 59 turmas não foram alocadas. Para apontar alguma ação que possa aumentar a quantidade de turmas alocadas, segue abaixo uma imagem que mostra a frequência de turmas por horário (Figura 1), para uma análise mais precisa a respeito da distribuição das turmas. Pode-se observar um elevado número de turmas distribuídas nos horários do turno matutino, sendo superior ao número de salas de aulas disponíveis, 16 salas, principalmente nos primeiros horários deste turno. Essa breve análise indica que uma possível intervenção poderia ser realizada, promovendo sugestões de trocas de horários para uma melhor disposição e, conseqüentemente, uma maior possibilidade de alocação de turmas.

Figura 1: Imagem com tabela de frequências de turmas por horários ocupados.

| | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|-------------|---------|-------|--------|--------|-------|--------|
| 07h30 | 27 | 26 | 26 | 24 | 22 | 7 |
| 08h20 | 30 | 27 | 28 | 25 | 23 | 9 |
| 09h10 | 25 | 27 | 22 | 26 | 15 | 8 |
| 10h00 | 26 | 25 | 24 | 25 | 21 | 5 |
| 10h50 | 20 | 22 | 22 | 26 | 21 | 6 |
| 11h40 | 14 | 13 | 17 | 17 | 16 | 4 |
| 13h30 | 24 | 22 | 20 | 23 | 14 | |
| 14h20 | 24 | 22 | 20 | 23 | 16 | |
| 15h10 | 14 | 17 | 17 | 17 | 13 | |
| 16h00 | 13 | 16 | 12 | 11 | 11 | |
| 16h50 | 7 | 9 | 10 | 8 | 5 | |
| 17h40/17h50 | 5 | 3 | 6 | 5 | 4 | |
| 18h40 | 6 | 6 | 10 | 8 | 8 | |
| 19h30 | 6 | 6 | 10 | 8 | 8 | |
| 20h20 | 6 | 6 | 7 | 8 | 7 | |
| 21h10 | 4 | 5 | 7 | 7 | 4 | |

Fonte: Autoria Própria.

Conclusões

Os resultados obtidos mostram a importância do uso das técnicas de otimização, principalmente de modelos matemáticos da Programação Linear Inteira, além da construção de heurísticas, para resolução de problemas reais encontrados nos mais diversos ambientes. Essas técnicas facilitam e reduzem a necessidade da utilização de procedimentos manuais longos e exaustivos, contribuindo para a organização interna das instituições.

A análise a comparação entre os resultados obtidos pelos métodos propostos e a solução manual utilizada pela instituição mostraram uma melhoria de 51,20% na alocação das turmas, quando utilizados os modelos matemáticos, e de 42,77%, com a utilização da heurística construtiva implementada. Desta forma, faz-se perceptível que a solução manual utilizada, apesar de ser viável, pode ser aperfeiçoada com a otimização e o uso ferramentas tecnológicas que tornem o processo mais eficiente tanto no tempo de execução quanto no resultado obtido, melhorando o aproveitamento do espaço físico disponível.

Referências bibliográficas

ALVES, R. M.; SUBRAMANIAN, A.; BRITO, A. V. d. Minimizando os custos energéticos de alocação de aulas a salas: o caso de uma instituição federal de ensino. In: GALOÁ. Anais do LI SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. [S.l.], 2019.

ANACONDA Software Distribution. Anaconda Inc., 2020. Disponível em: <<https://docs.anaconda.com/>>.

FOUNDATION, P. S. Python Language Reference. 2020. Disponível em: <<https://www.python.org>>.

FREIRE, J.; MELO, R. A. d. Formulações, heurísticas e um limite combinatório para o problema de alocação de salas de aula com demandas flexíveis. In: GALOÁ. Anais do XLVIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. [S.l.], 2016. p. 722–729.

JETBRAINS. PyCharm. 2020. Disponível em: <<https://www.jetbrains.com/pt-br/pycharm/>>.

JOHN., F.; ROBIN., L.-H. CBC (COIN-OR branch and cut). 2019. Disponível em: <<https://projects.coin-or.org/Cbc>>.

JUPYTER, P. Jupyter Notebook. 2020. Disponível em: <<https://jupyter.org/index.html>>.

KRIPKA, R. M. L.; KRIPKA, M.; SILVA, M. C. d. Formulação para o problema de alocação de salas de aula com minimização de deslocamentos. In: Anais do XLIII SBPO -

Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1941–1951.

LEWIS, R.; THOMPSON, J. Analysing the effects of solution space connectivity with an effective metaheuristic for the course timetabling problem. *European Journal of Operational Research*, v. 240, n. 3, p. 637–648, 2015.

OPTIMIZATION, L. G. Gurobi. 2021. Disponível em: <<https://www.gurobi.com>>.

RIDDELL, J. Kubuntu. 2021. Disponível em: <<https://kubuntu.org>>.