

## **CODIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO DE GERAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE GRADE HORÁRIA: CASO IFSP - CAMPUS BIRIGUI**

LUIZ CHUN ROM HSU<sup>1</sup>, FABRÍCIO MALTA DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, EDUARDO SHIGUEO HOJI<sup>3</sup>,  
BRUNO RAFAEL GAMINO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia da Computação, PIVICT, IFSP, Câmpus Birigui, luizch98@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando de Engenharia da Computação, Bolsista, PIBIFSP, IFSP, Câmpus Birigui, fabricio.malta@outlook.com

<sup>3</sup>Doutorado (2011) em Engenharia Elétrica, Professor do Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Birigui, shigueo@ifsp.edu.br

<sup>4</sup>Doutorado (2014) em Engenharia Elétrica, Professor do Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Birigui, bruno.gamino@ifsp.edu.br

Apresentado no

10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP ou no 4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP

27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** O projeto relata a pesquisa e a codificação para a aplicação de meta-heurísticas voltada à solução do problema de geração e organização de grade horária no ambiente acadêmico, com base nos dados atuais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus Birigui. O problema de geração e organização de grade horária consiste em desenvolver uma solução que se prove eficaz na perspectiva de solucionar problemas de incompatibilidade de horários e disponibilidade de salas. Para a resolução do problema proposto, é realizado codificações, além aplicações de meta-heurística que possibilitam a solução de diversos problemas combinatórios. Com os resultados obtidos, espera-se que sejam obtidas soluções que atendam às restrições do problema proposto e que a ferramenta desenvolvida possa auxiliar na obtenção de grades horárias futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** schooltimetabling; grade horária; otimização combinatória; meta-heurísticas.

### **OPTIMIZATION PROBLEM CODING FOR GENERATION AND ORGANIZATION OF SCHOOL TIMESCHEDULE: CASE IFSP - CAMPUS BIRIGUI.**

**ABSTRACT:** The following is a meta-heuristic research and research project aimed at solving the problem of generation and organization of timetables in the academic environment, based on current data from the Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo, Birigui campus. The problem of time series generation and organization is to develop a solution that is effective in the face of time mismatch and room availability issues. To solve the proposed problem, codifications are performed, as well as metaheuristic applications that allow the solution of several combinatorial problems. With the goal, it is hoped that solutions will meet the constraints of the problem and that execution can assist in scaling future classes.

**KEYWORDS:** schooltimetabling; time grid; combinatorial optimization; metaheuristics.

## **INTRODUÇÃO**

O problema de alocação de horários escolares começou a ser estudado há mais de 50 anos, conforme apresentado em (GOTLIEB, 1962), que elaborou um algoritmo complexo para organizar, dentre outras variáveis, os períodos e os professores. Com o decorrer dos anos, este problema ganhou

reconhecimento na área de otimização combinatória, tendo sido publicados diversos trabalhos a respeito do tema (SCHAERF, 1999; KOTSKO; STEINER; MACHADO, 2003).

Existe uma grande dificuldade na área de otimização acerca do problema de tabela-horário. Sua complexidade pode ser ainda maior de acordo com suas condições e restrições. Schaerf (1999) classifica como um problema de NP-completo (*Non-deterministic Polynomial time*), ou seja, para solucionar esse problema, deve-se testar todos os subconjuntos possíveis, até encontrar um que cumpra todas as restrições. Com o avanço da complexidade e a elaboração de novos problemas combinacionais, surgiu a necessidade de desenvolver algoritmos mais eficientes, capazes de proporcionar respostas de boa qualidade, abrindo caminho para o surgimento das meta-heurísticas.

Na forma básica, uma meta-heurística parte de uma solução inicial e, a cada iteração, busca encontrar uma solução melhor que a anterior. Quando não se encontra uma solução melhor que a solução atual, diz-se que foi encontrado um ótimo local. Em geral, as meta-heurísticas têm como inconveniente a dependência da solução inicial para encontrar uma solução ótima (SUCUPIRA, 2004).

Neste trabalho é apresentada a codificação e a geração de uma solução inicial aleatória para o problema de geração e organização de grade horária. Na modelagem do problema são consideradas as restrições relativas aos horários dos docentes e a incompatibilidade de laboratórios, acarretando em um problema combinatório, que se aproxima do problema *School Timetabling* descrito.

## MATERIAL E MÉTODOS

Meta-heurísticas são consideradas estruturas de algoritmos que procuram gerar soluções aproximadas de diversos tipos de problemas (SUCUPIRA, 2004). Dificilmente uma mesma meta-heurística é adequada a diferentes tipos de problema, gerando a necessidade de conhecimentos específicos sobre o problema que se deseja tratar (KIRKPATRICK; GELATT; VECCHI, 1983). Dessa maneira é possível observar que cada caso de pesquisa operacional influencia diretamente o decorrer do desenvolvimento de uma possível boa solução.

A literatura procura trabalhar de maneira genérica com problemas deste tipo, sabe-se que cada ambiente de ensino usa um formato diferente de organização de horários, além de possuir restrições únicas. Desta maneira, toma-se complexo encontrar algum tipo de solução global que atenda a todos os casos. Diante do exposto, diversas técnicas de otimização já foram aplicadas para solucionar o problema, conforme apontado por Kotsko, Steiner e Machado (2003). Além disso, dependendo da solução inicial escolhida e das características do problema, elas podem ficar limitadas a uma pequena região do espaço de busca, no qual o ótimo local pode ter custo maior que o da solução ótima.

Para a codificação e proposição de uma solução inicial para o problema de geração de grade horária, foram utilizados dados reais. A coleta de dados foi realizada junto à coordenação da área da Indústria do campus Birigui do IFSP. Os dados englobam as atribuições das disciplinas aos docentes, as salas de aula de uso específico demandadas pelas disciplinas nos cursos técnico em Automação Industrial e tecnólogo em Mecatrônica Industrial, assim como a disponibilidade horária dos docentes. Os dados descritos são gerados a cada início de semestre, a partir do preenchimento de uma planilha por parte dos docentes, para a realização da grade horária. Após a coleta dos dados, eles foram analisados e organizados a fim de se realizar a codificação destas informações.

Na Automação Industrial, a entrada é semestral e o curso tem duração de quatro semestres. Na Mecatrônica, a entrada é anual e o curso tem duração de seis semestres. Assim, a cada semestre, há quatro turmas de Automação e três turmas de Mecatrônica. As aulas da Automação são noturnas, de segunda a sexta-feira e cada turma tem quatro aulas por noite. Na Mecatrônica, além das aulas durante a semana, há quatro aulas aos sábados de manhã.

O processo de geração da grade horária é iniciado após a atribuição das aulas, etapa realizada manualmente e cujas informações são utilizadas como dados de entrada para o problema. A codificação utilizada baseou-se no uso de matrizes para a alocação de turmas (linhas) e horários (colunas). O número de linhas da matriz é igual a duas vezes o número de turmas. Isso porque para cada turma são reservados dois horários de aula. A matriz possui 18 colunas, três por dia da semana (considerando aulas de segunda a sábado). Para os cursos que não possuem aulas no sábado, o valor -1 é atribuído às posições da matriz respectivas. Nas colunas referentes a cada dia da semana são armazenadas as informações de disciplina, sala e professor, nesta ordem.

A cada disciplina é atribuído um número de identificação único, o tipo de aula, sendo teórica ou prática, a quantidade de aulas e o professor responsável. Para as disciplinas práticas em que há uma divisão da turma foi atribuído uma numeração acima de 100, pois para o tratamento dessas disciplinas requer condições especiais. De forma similar, a cada professor é atribuído um número. Cada laboratório também possui um número, que segue a numeração de chaves utilizada no campus. Para identificar aulas em sala teórica foi utilizado o valor 1 para a coluna sala. Assim, essas informações ficam vinculadas e são inseridas na matriz descrita para representar, por exemplo, que o algoritmo atribuiu um horário “X” para um docente “Y” na sala de aula “Z”.

A codificação foi implementada computacionalmente com a utilização do software GNU Octave, que possibilita trabalhar com computação matemática para execução de algoritmos. Para implementação do método, outro software poderia ser utilizado, porém a escolha pelo software GNU Octave consiste no fato de ser um software gratuito, disponível nos computadores dos laboratórios do IFSP.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a estrutura de organização das informações das disciplinas. As disciplinas foram ordenadas com base no curso e na turma e essas informações são utilizadas como dados de entrada para o problema. Para as disciplinas práticas que são divididas, é gerada uma numeração diferente.

Numero	Disciplinas	Tipo de Aula	Nº de Aulas	Professor
1	Elettricidade I - EL1A1 TEÓRICA	T	2	CAMILA
2	Tecnologia dos Materiais - TMAA1 TEÓRICA	T	2	PAULO
3	Mecânica Técnica - META1 TEÓRICA	T	2	JUNIOR
4	Geometria Aplicada - GEAA1 TEORICA	T	2	MATEMATICA
5	Organização, Saúde e Segurança - OSSA1 TEÓRICA	T	2	JONNY
6	Eletrônica Digital - ELDA1 TEÓRICA	T	2	SAMARA
7	Elettricidade II - EL2A2 TEÓRICA/PRÁTICA	T/P	4	MARCELO
8	Eletrônica Industrial - ELOA2 TEÓRICA/PRÁTICA	T/P	4	SAMARA
9	Resistência dos Materiais- RESA2 TEÓRICA	T	2	ERICK
10	Elementos de Máquinas - ELMA2 TEÓRICA	T	2	ERICK
11	Tecnologias de Usinagem - TUSA3 TEÓRICA	T	2	EDER
12	Microcontroladores - MCRA3 PRÁTICA	P	2	BICA
13	Mecânica dos Fluidos - MFLA3 TEÓRICA	T	2	WELLINGTON
14	Ensaio Mecânicos - ENSA3 TEÓRICA	T	2	PAULO
15	Planejamento de Projetos de Automação - PPA3 TEÓRICA	T	2	WELLINGTON
16	Controladores Lógicos Programáveis - CLPA3 PRÁTICA	P	2	JUNIOR
17	Acionamentos Elétricos - ACEA3 TEÓRICA/PRÁTICA	T/P	2	SHIGUEO
18	Sistemas de Manutenção - SMNA4 TEÓRICA	T	2	PAULO
19	Robótica e CIM - RCMA4 TEÓRICA	T/P	2	JUNIOR
20	Redes Industriais - RIDA4 PRÁTICA	P	2	BRUNO
21	Sistemas Microcontrolados - SMRA4 PRÁTICA	P	2	ALEXANDRE
22	Instrumentação Industrial - ITIA4 TEÓRICA	T	2	BRUNO
23	Controle de Processos - COPA4 TEÓRICA	T	2	BRUNO
24	Energias Alternativas e Desenvolvimento Sustentável - EADA4 TEÓRICA	T	2	PAULO
25	Execução de Projetos de Automação - EPA4 PRÁTICA	P	2	SHIGUEO
101	Desenho Técnico - DETA1 PRÁTICA	P	4	JONNY
	Eletrônica Digital - ELDA1 PRÁTICA	P	4	SAMARA
103	Desenho Assistido por Computador - DACA2 PRÁTICA	P	4	JUNIOR
	Pneumática e Hidráulica - PNHA2 PRÁTICA	P	4	WELLINGTON
105	Elettricidade I - EL1A1 PRÁTICA	P	4	CAMILA
	Lógica de Programação - LOPA1 PRÁTICA	P	4	LUCIANA
107	Tecnologia de Usinagem - TUSA3 PRÁTICA	P	4	ÉDER
	Eletropneumática e Eletrohidráulica - EPHA3 PRÁTICA	P	4	JUNIOR
109	Elettricidade - Básica ELES1 PRÁTICA	P	4	MARCELO
	Lógica de Programação LOPS1 - Pratica	P	4	LUCIANA
111	Eletrônica Analógica - ELAS3 PRÁTICA	P	4	ALEXANDRE
	Tecnologias de Usinagem - TUSS3 PRÁTICA	P	4	EDER

FIGURA 1 – Codificação das Disciplinas

A partir das informações de entrada apresentadas na Figura 1, os professores são organizados e a cada um é atribuído um número. Na matriz gerada, mostrada na Figura 2, cada linha corresponde a um professor e nas colunas subsequentes são indicados os números das disciplinas atribuídas ao professor e a sala onde as aulas serão ministradas. Foi prevista a possibilidade de haver até oito disciplinas para cada professor. Se o número de disciplinas for menor que oito, as colunas restantes são completadas

com -1, as informações de disciplina, professor e sala de aula estão vinculadas, logo qualquer modificação envolve a manipulação de todas essas informações em conjunto.

A Figura 3 apresenta a matriz de solução geral, no qual os dados descritos referem-se a proposta de solução criada, onde através de uma matriz 14x18 em que a cada duas linhas representa uma turma (são duas linhas pois é como funciona os blocos de aula no período noturno), e as colunas representam respectivamente, professor, disciplina e sala, onde a cada 3 colunas refere-se a um dia da semana, contando aos sábados, obtêm-se um total de 18 colunas, os valores com sala em número 1 correspondem que não há sala obrigatória para a execução da disciplina, os valores com -1 atribui-se a informações em que não são definidos. A solução inicial gerada aleatoriamente, foi implementada através do GNU Octave. Ela baseia-se no formato de codificação descrito anteriormente e essa solução, posteriormente, será tratada por meta-heurísticas escolhidas. Por enquanto, não há quaisquer verificações de restrição, ou seja, a infactibilidade está presente.

PROFESSOR	NUMERO	n° da disciplina,	sala necessária	n° da disciplina	sala necessária								
JUNIOR	1	3	1	16	158	19	159	103	159	107	166		
JONNY	2	5	1	37	159	101	1	-1	-1	-1	-1		
SAMARA	3	6	1	8	156	101	156	-1	-1	-1	-1		
CAMILA	4	1	1	30	1	39	158	105	156	-1	-1		
PAULO	5	2	1	14	1	18	1	24	1	27	1		
WELLINGTON	6	13	1	15	1	34	1	103	166	-1	-1		
MARCELO	7	7	158	28	1	109	156	-1	-1	-1	-1		
ERICK	8	9	1	10	1	26	1	33	1	41	157		
BICA	9	12	157	38	157	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
EDER	10	11	1	29	1	35	1	107	165	111	165		
SHIGUEO	11	17	158	25	159	40	157	-1	-1	-1	-1		
ALEXANDRE	12	21	157	31	1	111	156	-1	-1	-1	-1		
BRUNO	13	20	1	22	1	23	1	32	1	-1	-1		
DANILO	14	42	1	43	157	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
LUCIANA	15	49	1	105	157	109	1	-1	-1	-1	-1		
MATEMÁTICA	16	4	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
ZAMBON	17	44	142	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
ELISANGELA	18	46	158	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
ANA	19	45	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
RUBENS	20	47	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
ISMAEL	21	48	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		

FIGURA 2 – Matriz de atribuição de aulas

3	101	156	4	1	1	16	4	1	1	3	1	15	105	157	-1	-1	-1
3	101	156	5	2	1	3	6	1	2	5	1	15	105	157	-1	-1	-1
17	44	142	6	103	166	3	8	156	7	7	158	8	9	1	-1	-1	-1
7	7	158	6	103	166	3	8	156	17	44	142	8	10	1	-1	-1	-1
5	14	1	1	16	158	11	17	158	6	13	1	10	107	165	-1	-1	-1
19	45	1	6	15	1	10	11	1	9	12	157	10	107	165	-1	-1	-1
11	25	159	1	19	159	13	23	1	12	21	157	5	18	1	-1	-1	-1
18	46	158	5	24	1	13	20	1	13	22	1	0	0	0	-1	-1	-1
7	109	156	21	48	1	21	48	1	8	26	1	10	29	1	7	28	1
7	109	156	20	47	1	5	27	1	15	49	1	0	0	0	5	27	1
2	37	159	6	34	1	8	33	1	10	35	1	4	30	1	12	111	156
13	32	1	0	36	0	13	32	1	6	34	1	12	31	1	12	111	156
9	38	157	4	39	158	8	41	157	14	43	157	11	40	157	9	38	157
14	43	157	4	39	158	14	42	1	8	41	157	11	40	157	14	42	1

FIGURA 3 – Matriz de solução geral com uma solução inicial gerada aleatoriamente

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pelo estudo, percebe-se o tamanho e o grau de dificuldade em organizar de problemas deste viés, assim como não existe uma solução global para todos os casos, onde sempre há uma diferente particularidade de restrição. A codificação para o problema foi escolhida de maneira que a geração da solução posterior possa ser simplificada para o tratamento posterior. Com a solução gerada e tratada posteriormente, há um enorme de potencial para ser utilizado como base de solução, evitando assim a necessidade de criação manual, além da grande demanda de tempo. Ainda, este trabalho pode ser implantado futuramente em escolas e com isso poder contribuir a forma do processo da elaboração da grade horária, contribuindo assim, para uma gestão efetiva e rápida.

Com a codificação finalizada, a previsão é de aplicação posterior de meta heurísticas que, a partir da codificação utilizada, possa tratar e resolver o problema e que a utilização dessa ferramenta possa se tornar de grande relevância dentro da organização de grade horária.

A ideia é que o algoritmo parta de uma solução inicial gerada aleatoriamente. A análise da qualidade das soluções, disponibilizadas pelo método de otimização, é realizada a partir de uma função objetivo baseada em penalização. Uma penalidade será atribuída a uma proposta de solução toda vez que uma restrição for violada, por exemplo, a atribuição de um horário para um docente que não possui determinada disponibilidade. A função objetivo considera três níveis de penalidades (baixa, média e alta), de acordo com o nível de infactibilidade gerada pela violação da restrição em questão.

A validação dos resultados, apresentado através meta-heurísticas, na resolução do problema proposto neste projeto, será realizada a partir da comparação com a grade horária gerada e organizada de forma manual, que se encontra em vigência no semestre atual. O objetivo é atingido se o método de otimização for capaz de encontrar uma solução de boa qualidade, ou seja, com a minimização da função objetivo (nenhuma ou poucas violações de restrições) e, além disso, que a solução fornecida pelas meta-heurísticas escolhidas seja melhor que a solução obtida de forma manual.

## REFERÊNCIAS

GOTLIEB, C. C. The construction of class-teacher time-tables. In: IFIP CONGRESS, 62., 1962, Munich. *Proceedings...* Amsterdam: North-Holland Publishing, 1963. p. 73–77.

KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by simulated annealing. *Science*, New York, v. 220, n. 4598, p. 671-680, 1983.

KOTSKO, E. G. S.; STEINER, M. T. A.; MACHADO, A. L. F. Otimização na construção da grade horária escolar – uma aplicação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 35., 2003, Natal. *Anais...* Natal: [s.n.], 2003. p. 2191-2203.

SUCUPIRA, I. R. Métodos heurísticos genéricos: meta-heurísticas e hiper-heurísticas. 2004. 41 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SCHAERF, A. A survey of automated timetabling. *Artificial Intelligence Review*, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 87–127, 1999.