

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

### RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE GERAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE GRADE HORÁRIA NO IFSP - CAMPUS BIRIGUI UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO

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

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia da Computação IFSP, Campus Birigui, fabricio.malta@outlook.com.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia da Computação, IFSP, Campus Birigui, luizch98@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutorado em Engenharia Elétrica, Professor do IFSP, Campus Birigui, shigueo@ifsp.edu.br.

<sup>4</sup> Doutorado em Engenharia Elétrica, Professor do IFSP, Campus Birigui gamino.bruno@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.08.02.02-4 - Programação Linear, Não-Linear, Mista e Dinâmica

**RESUMO:** Este trabalho relata a pesquisa e o desenvolvimento do algoritmo para aplicação da meta-heurística algoritmo genético 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 organização tem como desafio desenvolver soluções eficazes em termos de resolução de incompatibilidades de grade horária e problemas de disponibilidade. Para resolver o problema proposto, um algoritmo genético baseado na teoria da evolução de Charles Darwin e amplamente utilizado em vários problemas combinatórios é aplicado. Testes iniciais demonstram boa capacidade de convergência do método. Com os resultados obtidos deste projeto, espera-se que as soluções obtidas que atenderam às restrições graves do problema proposto sejam utilizadas de maneira que possa auxiliar na obtenção de grades horárias futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** algoritmo genético; metaheurísticas; organização e geração de grade horária; otimização combinatória.

### SOLVING THE PROBLEM OF GENERATION AND ORGANIZATION OF TIME GRID IN IFSP - CAMPUS BIRIGUI USING GENETIC ALGORITHM

**ABSTRACT:** This work reports the research and development of the algorithm for the application of the meta-heuristic genetic algorithm 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, Paulo, Campus Birigui. The problem with scheduling and organizing is to develop effective solutions in terms of resolving timetable mismatches and availability issues. To solve the proposed problem, a genetic algorithm based on Charles Darwin's theory of evolution and widely used in several combinatorial problems is applied. Initial tests demonstrate the good convergency of the method. With the results obtained from this project, it is expected that the solutions obtained that met the severe restrictions of the proposed problem are used in a way that can help to obtain future timetables.

**KEYWORDS:** genetic algorithm; metaheuristics; organization and generation of timetable; combinatorial optimization.

## INTRODUÇÃO

Presente em quase todas as instituições de ensino, as grades de horários são de grande importância e essencial para a rotina do corpo docente, discente e dos funcionários, pois uma vez elaborada, coloca em ordem os horários da instituição durante todo seu período letivo. A solução manual desta questão é usualmente adotada, mas isso denota a perda excessiva de tempo na resolução e, muitas vezes, ineficiência. Isso porque para que uma solução possa ser alcançada há uma série de restrições que necessitam ser atendidas, sendo que para cada ambiente, há diferentes tipos de particularidades (CISCON, 2006).

Conforme apontado por Dantas (2018), problemas de alocação de tempo de aula podem envolver um grande número de variáveis e levar muito tempo para chegar a uma solução ótima ou satisfatória. Na maioria dos casos, as soluções classificadas como heurísticas podem atender a diferentes necessidades institucionais e garantir resultados de alta qualidade com cronograma garantido e tempo de computação conveniente.

As heurísticas são caracterizadas como técnicas destinadas a resolver um problema específico, mas não precisam provar que a solução resultante é ótima e, geralmente, produzem resultados de qualidade cada vez mais alta (YANG, JIANG E NGUYEN, 2012). Desta forma, consideram-se metaheurísticas como estratégias que orientam o processo de busca para explorar o espaço de forma eficiente, a fim de encontrar uma solução quase ótima.

O algoritmo genético faz parte das metaheurísticas que possibilitam trabalhar com problemas deste tipo. Baseado na teoria evolutiva de Darwin, o algoritmo genético realiza uma busca por soluções de melhor qualidade, seguindo as etapas de seleção, recombinação (*crossover*) e mutação, a fim de gerar uma nova população de indivíduos, até que uma proposta de solução atenda ao objetivo do problema ou que o critério de parada seja satisfeito (KALFELS, 2017).

Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um software para geração de grade horária utilizando algoritmo genético. A programação foi realizada utilizando o Octave e, inicialmente, o programa foi aplicado à geração da grade horária de dois cursos no campus Birigui do IFSP.

## MATERIAL E MÉTODOS

A codificação do problema foi realizada anteriormente em trabalho desenvolvido por Rom Hsu et al. (2020) e contou com o uso de uma matriz de solução geral para alocação de turmas (linhas) e horários (colunas). Inicialmente voltada para tratar da grade horária dos cursos noturnos de Automação Industrial e Mecatrônica, que possuem 4 e 3 turmas, respectivamente, a codificação foi realizada como mostrado na Figura 1. A cada professor é atribuído um número, que o representará. O mesmo acontece com as disciplinas e com as salas de aula, sendo que para disciplinas que necessitem de divisão da turma, a numeração utilizada é superior a 100. A cada duas linhas é representada uma turma, separada por metade do período (inicialmente trabalhado no noturno). Há 18 colunas separadas por blocos de 3, sendo que cada bloco representa um dia da semana e é composto por, respectivamente, professor, disciplina e sala de aula. As três últimas colunas correspondem ao sábado. Para as turmas que não possuem aula nesse dia, o bloco é preenchido então com o valor -1.

	SEGUNDA			TERÇA			QUARTA			QUINTA			SEXTA			SÁBADO		
	P	D	S	P	D	S	P	D	S	P	D	S	P	D	S	P	D	S
T1	3	101	156	1	3	1	15	105	157	16	4	1	5	2	1	-1	-1	-1
	2	100	1	3	6	1	4	104	156	2	5	1	4	1	1	-1	-1	-1
T2	7	7	158	6	103	166	17	44	142	8	9	1	17	44	142	-1	-1	-1
	7	7	158	1	102	159	3	8	156	3	8	156	8	10	1	-1	-1	-1
T3	6	15	1	6	13	1	10	107	165	11	17	158	19	45	1	-1	-1	-1
	9	12	157	10	11	1	1	106	166	1	16	158	5	14	1	-1	-1	-1
T4	13	23	1	18	46	158	12	21	157	1	19	159	5	24	1	-1	-1	-1
	13	22	1	11	25	159	5	18	1	13	20	1	0	0	0	-1	-1	-1
T5	10	29	1	8	26	1	5	27	1	15	109	1	20	47	1	21	48	1
	21	48	1	15	49	1	7	28	1	7	108	156	0	0	0	5	27	1
T6	5	36	1	6	34	1	2	37	159	8	33	1	12	111	156	12	31	1
	10	35	1	6	34	1	13	32	1	13	32	1	10	110	165	4	30	1
T7	9	38	157	14	43	157	4	39	158	14	42	1	14	42	1	4	39	158
	9	38	157	14	43	157	8	41	157	11	40	157	11	40	157	8	41	157

**LEGENDA**  
**P = PROFESSOR    D = DISCIPLINA    S = SALA DE AULA**

FIGURA 1. Representação da matriz de solução geral.

Cada solução gerada então utilizará as mesmas dimensões da matriz acima. A partir dessa matriz é aplicado o algoritmo genético, seguido pelo fluxograma mostrado na Figura 2:

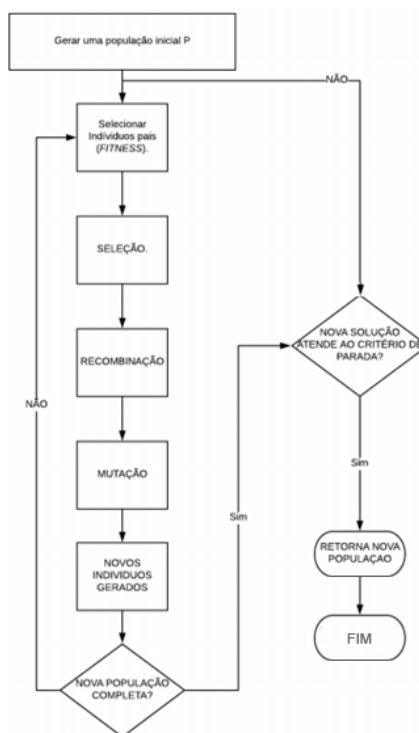


FIGURA 2. Fluxograma de um algoritmo genético básico.

Dentro do ambiente de desenvolvimento, é considerado que cada indivíduo da população é uma solução igual à mostrada na Figura 1. Ao gerar uma população inicial P, são selecionados os indivíduos que passarão pelos processos de recombinação e mutação, no caso, os critérios utilizados trabalham com taxa fixa de chance de mutação, definida em 10%, e com uma chance de 60% de realizar uma recombinação.

A seleção utilizou o modelo de roleta, em que é analisada a qualidade de cada indivíduo dentro da população, formada por 20 indivíduos. Aqueles indivíduos considerados com maior aptidão, ou seja, menor grau de incompatibilidade dada pela função objetivo possuem probabilidades maiores de serem escolhidos para fazer parte da próxima geração. Nesse método, a participação de cada indivíduo na roleta é proporcional à sua aptidão.

Na etapa de mutação foi considerado que o indivíduo selecionado realizará a troca de uma matéria de um dia da semana por outro. A disciplina pode estar presente em um período antes do intervalo ou após, sendo essa matéria escolhida aleatoriamente e o dia também escolhido aleatoriamente, respeitando as restrições de que não pode ser em um dia que não há aula (considerados com valores atribuídos dentro da matriz de solução com -1) e que, caso envolvam matérias duplicadas, deve-se realizar a troca de ambas às matérias que compõem aquele dia com aquela turma.

O processo de recombinação consiste na troca de informações entre dois indivíduos. Nesse caso, ao ser selecionado, é realizada uma troca de “turmas” entre os indivíduos, obtendo assim um novo indivíduo que possui as características de ambos.

A qualidade de uma solução é mensurada por uma função objetivo de minimização em que as incompatibilidades encontradas recebem uma penalização. As incompatibilidades podem ser obtidas da seguinte forma: quando um professor está ministrando disciplinas no mesmo horário em duas turmas, quando duas turmas estão utilizando um mesmo laboratório ao mesmo tempo e quando um professor leciona no sábado de manhã após ter tido aula no último bloco da sexta. A cada incompatibilidade encontrada, é atribuído um valor de penalidade, e que, para uma solução ser totalmente viável, a função objetivo tem de ser zero, que corresponde justamente quando não há incompatibilidades infactíveis.

A função objetivo é definida como:

$$\text{Minimizar } F = p1 \left( \left( \sum_{i=1}^{na} w_i \right) + \left( \sum_{i=1}^{na} x_i \right) + \left( \sum_{i=1}^{np} y_i \right) \right) + \left( \sum_{i=1}^{na} z_i \right) * p2$$

s. a.

$$w_i \in \mathbb{B}, x_i \in \mathbb{B}, y_i \in \mathbb{B}, z_i \in \mathbb{B}$$

Sendo:

- $na$  - quantidade de aulas a serem atribuídas;
- $np$  - quantidade de professores;
- $w_i$  - número de aulas atribuídas de forma concomitante na mesma sala de aula;
- $x_i$  - número de aulas atribuídas de forma concomitante a um mesmo professor;
- $y_i$  - número de conflitos referentes à violação de interjornada dos professores;
- $z_i$  - número de aulas atribuídas em horário fora do horário preferencial dos professores;
- $p1$  - peso associado ao grau de incompatibilidade grave;
- $p2$  - peso associado ao grau de incompatibilidade médio.

As variáveis  $w_i, x_i, y_i$  e  $z_i$  assumem o valor 1 quando uma incompatibilidade é encontrada, caso contrário, assumem o valor 0. As constantes  $p1$  e  $p2$  representam as penalidades às incompatibilidades encontradas e possuem seu valor fixado em  $p1=10.000$  e  $p2= 1.000$ . Quando uma solução possui em sua função objetivo ao menos uma incompatibilidade grave, ela é considerada infactível, uma vez que uma incompatibilidade grave implica em uma execução impossível fisicamente.

A convergência do método é atingida quando uma solução com  $F = 0$  é encontrada, respeitando o máximo de 1000 gerações. Caso não sejam encontradas soluções sem penalizações, a melhor solução escolhida é a que, além de não possuir inconsistências graves, possui a menor quantidade de inconsistências médias, visto que essas penalidades são consideradas menores e factíveis do ponto de vista físico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes realizados até o momento, o algoritmo foi aplicado a dois cursos, sendo 4 turmas do curso de Automação Industrial e 3 turmas do curso de Mecatrônica. Ambos os cursos são noturnos, com aula de segunda a sexta-feira, sendo que as turmas da mecatrônica possuem aulas também aos sábados de manhã. A solução inicial do problema é gerada de forma aleatória. A partir dela, o algoritmo foi aplicado. A Figura 3 mostra graficamente o comportamento da função objetivo para cada novo indivíduo gerado. Pode-se perceber que a qualidade da solução é melhorada a cada iteração, sendo atingida uma solução factível após cerca de 30 gerações. Em média, o tempo demandado para obtenção da solução foi de cerca de 3 minutos.

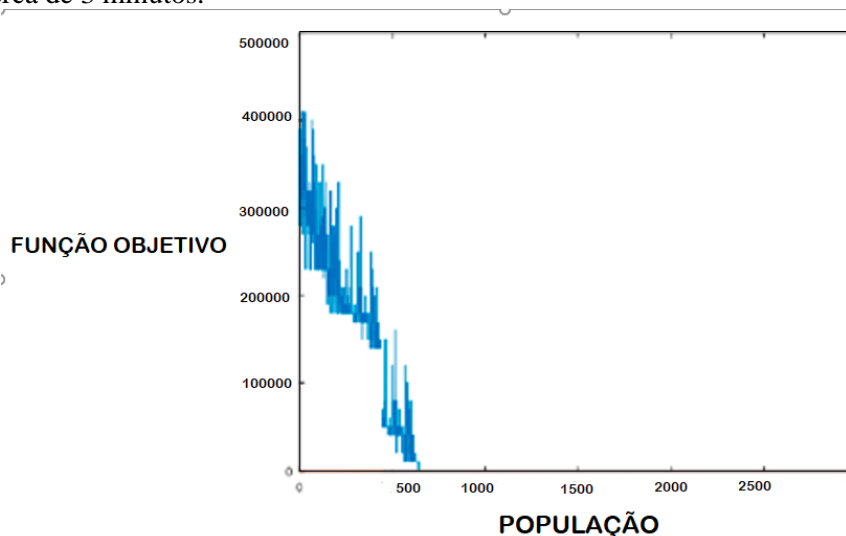


FIGURA 3. Cálculo da função objetivo de cada indivíduo dentro da execução do algoritmo.

Um exemplo de solução encontrada é mostrado na Figura 4. A solução é apresentada de forma codificada, pois a etapa de decodificação das soluções ainda não foi implementada. É possível perceber que ocorrem incompatibilidades graves na solução proposta, porém reduzidas em relação às populações iniciais.

	SEGUNDA			TERÇA			QUARTA			QUINTA			SEXTA			SABÁDO		
	P	D	S	P	D	S	P	D	S	P	D	S	P	D	S	P	D	S
T1	3	101	156	15	105	157	3	6	1	4	1	1	2	5	1	-1	-1	-1
T1	2	100	1	4	104	156	1	3	1	5	2	1	16	4	1	-1	-1	-1
T2	6	103	166	7	7	158	0	9	156	17	44	1	3	0	156	-1	-1	-1
T2	1	102	159	8	10	1	3	0	1	17	44	156	7	7	158	-1	-1	-1
T3	9	12	157	10	11	1	6	13	1	10	107	1	1	16	158	-1	-1	-1
T3	6	15	1	11	17	158	19	45	157	1	106	1	5	14	1	-1	-1	-1
T4	13	23	1	5	18	1	12	21	159	16	46	157	5	24	1	-1	-1	-1
T4	0	0	0	13	22	1	11	25	1	13	20	159	1	19	159	-1	-1	-1
T5	21	48	1	8	26	1	15	49	1	15	109	1	10	29	1	5	27	1
T5	5	27	1	20	47	1	7	20	1	7	108	1	0	0	0	21	40	1
T6	6	33	1	6	34	1	13	32	1	5	36	1	4	30	1	12	111	156
T6	12	31	1	2	37	159	6	34	1	10	35	1	13	32	1	10	110	165
T7	14	42	1	11	40	157	4	39	150	9	30	157	0	41	157	0	41	157
T7	11	40	157	14	43	157	14	43	157	4	39	158	14	42	1	9	38	157

FIGURA 4. Solução obtida após 30 gerações, sendo o 581º Indivíduo.

Conforme observado na Figura 3, ao obter populações e indivíduos iniciais, a função objetivo fica em torno de 40.00, ao ser obtida novas gerações os novos indivíduos melhoram, justamente através das alterações dada pelo modelo meta-heurístico. A solução da Figura 4 contém 7 incompatibilidades graves ao todo, resultando em uma função objetivo de 7.000 pontos. Os dados obtidos a partir da tabela acima, correspondem à valores pré- definidos em uma tabela de referência, para cada professor, disciplina e sala de aula é associado um número único. O número -1 associado à tabela corresponde a não associação de informação, portanto, não há necessidade organização e registro de informação.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento demonstram que o algoritmo genético possui boa convergência e é capaz de solucionar o problema de geração de grade horária de forma rápida e precisa. Além disso, o desempenho do algoritmo é pouco afetado pela qualidade da solução inicial.

O algoritmo ainda não está finalizado. Na continuação do trabalho será realizada a decodificação da solução encontrada e serão incluídos os outros cursos do campus e serão acrescentadas novas restrições.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro autor expressa seus agradecimentos ao Programa de Bolsa Institucional do IFSP (PIBIFSP-AF) pelo auxílio financeiro concedido para a realização do projeto de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

CISCON, Leonardo Aparecido. **O problema de geração de horários: um foco na eliminação de janelas e aulas isoladas**. 2006. 71 f. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

DANTAS, Lucas Hiago de Azevedo. **Uma abordagem metaheurística para o problema de alocação de horário escolar no IFRN**. 2018. 78 f. Dissertação (Engenharia de Software) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2018.

KALFELS, Eduardo Henrique Hoffmann. **Algoritmos genéticos como uma abordagem para a alocação de grade de horários da UFSC**. 2018. 131 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas de Informação) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2017.

ROM HSU, Luiz Chun; DE OLIVEIRA, Fabricio Malta; HOJI, Eduardo Shigueo; GAMINO, Bruno Rafael. **Codificação para a otimização do problema de geração e organização de grade horária: caso IFSP – Campus Birigui**. 10º Congresso de Iniciação Científica e tecnológica do IFSP, [S. l.], p. 1-5, 21 fev. 2020. Disponível em: <http://ocs.ifsp.edu.br/index.php/conict/xconict/paper/view/5286/929>. Acesso em: 8 set. 2021.

YANG, S.; JIANG, Y.; NGUYEN, T. T. **Metaheuristics for dynamic combinatorial optimization problems**. IMA Journal of Management Mathematics, Oxford University Press, v. 24, n. 4, p. 451–480, 2012.