

Uso de Algoritmos Genéticos com Foco na Blocagem de Horários Acadêmicos

Maria Weslane de
Sousa Almeida

Pós-Graduação em
Sistemas de Informação
EACH - USP
São Paulo, Brasil.
weslane@usp.br

Patricia Rufino
Oliveira

Pós-Graduação em
Sistemas de Informação
EACH - USP
São Paulo, Brasil.
proliveira@usp.br

Rodolfo da Silva
Simões

Pós-Graduação em
Sistemas de Informação
EACH - USP
São Paulo, Brasil.
simoesrodolfo@usp.br

Flavius da Luz e
Gorgônio

Departamento de
Computação e
Tecnologia
CERES - UFRN
Caicó, Brasil
flgorgonio@ufrnet.com

Resumo—A montagem de uma estrutura de horário acadêmico é uma das tarefas mais árduas de planejamento escolar para coordenadores e equipe pedagógica. Em uma proposta de horário bem estruturado é necessário investir tempo e trabalho árduo, devido aos vários fatores envolvidos: a disponibilidade dos professores, disciplinas e suas cargas horárias, alunos, sala. Além disto, cada fator possui restrições associadas a ele, como por exemplo, um professor não pode estar presente em aulas diferentes ao mesmo tempo. É possível encontrar várias propostas de solução usando algoritmos genéticos e outras técnicas, entretanto elas oferecem soluções visando fatores administrativos, ou seja, consideram apenas os fatores de disciplina, sala e professor, não levando em consideração o corpo discente. Este trabalho difere dos demais por ter como objetivo propor uma solução aceitável utilizando algoritmos genéticos que encontra uma solução aceitável para o problema de escalonamento de horários que leve em consideração o corpo discente quanto à blocagem de horários, nos experimentos referem-se ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Rio grande do Norte, com foco na obtenção do melhor rendimento acadêmico do aluno.

Palavras-Chave: *otimização combinatória; montagem de horários acadêmicos; algoritmos genéticos.*

I. INTRODUÇÃO

O problema de escalonamento de horários, também conhecido como *timetable problem*, consiste em fixar, em um determinado período de tempo predefinido, um conjunto de aulas, dispostas na forma de uma tabela de horários, que atenda às exigências acadêmicas estabelecidas por certo currículo de estudos para um determinado grupo de disciplinas [8].

A necessidade e as dificuldades associadas à geração de uma estrutura de horário escolar o tornaram um problema clássico que vem sendo estudado há muito tempo, podendo ser encontrados trabalhos sobre este tema desde os anos de 1960 [8, 3]. A elaboração de um escalonamento de horários para um curso de nível superior deve considerar diversos fatores que

estão diretamente ligados, estes fatores são: disponibilidade dos horários dos professores, quantidade de disciplinas, alunos, turmas, salas, frequência (quanto à quantidade de aulas por semana de uma determinada disciplina) e horários das aulas, etcétera [13].

Assim como em outros cursos de ensino superior da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) [13], como exemplo o curso de Bacharelado em Sistemas de Informação (BSI), o método mais utilizado para a elaboração de horários é a montagem manual por meio de tentativa e erro, em que o coordenador do curso elabora manualmente uma proposta e a disponibiliza aos professores e alunos, a fim de obter aprovação ou sugestões sobre a proposta que mais se adequa às partes interessadas.

Como forma de diminuir a dificuldade e o esforço humano no planejamento de uma estrutura de horário, surgiu a tentativa de otimizar esta atividade automaticamente, por meio de algoritmos. Para isso a fim de diminuir o tempo gasto para realizá-la.

Ao se deparar com esse tipo de problema, os profissionais da área a fim de otimizar esta tarefa por meio de algoritmos. Para isso, costuma-se utilizar heurísticas, que consistem em uma estratégia de busca por uma solução para o problema em tempo hábil, a fim de obter uma solução aceitável para o problema de forma mais rápida e eficaz. As aptidões das soluções encontradas serão comparadas com uma solução realizada de forma manual, buscando a melhor solução dentre as possíveis soluções.

Os algoritmos genéticos (GA, do inglês *Genetic Algorithms*) são um tipo de algoritmo evolutivo que usa uma técnica de busca heurística para encontrar uma solução em tempo aceitável. Os algoritmos evolutivos fazem analogia à teoria da evolução de Charles Darwin e à genética. Segundo Linden [7], os GA são técnicas de busca extremamente eficientes no seu objetivo de explorar o espaço de soluções e encontrar soluções próximas da ótima.

Como proposta para encontrar uma solução aceitável, este trabalho utiliza os algoritmos genéticos a fim de encontrar uma solução viável para o problema de escalonamento de horários acadêmicos, respeitando as limitações e as restrições associadas a este problema, além de ter como foco a blocagem de horários (horários distribuídos igualmente em uma tabela) e a possibilidade de uma consequente influência no rendimento acadêmico do corpo discente [4]. Ademais, também é considerado o espaço amostral para cada simulação.

O presente trabalho está estruturado como segue. Na Seção II, é apresentada uma introdução aos conceitos utilizados neste artigo; Na Seção III são apresentados o problema de escalonamento de horários e a proposta de como este pode ser automaticamente solucionado por meio de algoritmos genéticos; os resultados obtidos são discutidos na Seção IV. Por fim, algumas considerações finais são realizadas.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A presente seção dedica-se a apresentar mais detalhadamente o problema de escalonamento de horários, especificando a técnica e conceitos referentes ao funcionamento dos algoritmos genéticos. Pesquisas já realizadas e publicadas, de diversos autores, demonstram a evolução do assunto, dando assim sustentação ao tema, a conceitos e a trabalhos já realizados na área. Esses trabalhos também fazem referências ao melhor desempenho dos algoritmos genéticos em relação às outras técnicas utilizadas.

A. Escalonamento de horários

Escalonamento de horários é o termo usado pela área da pesquisa operacional para definir problemas de alocação de horários. Em outras palavras, tais problemas utilizam uma tabela que mostra o escalonamento de atividades ou tarefas de um determinado evento, indicando a data (ou período) e o intervalo de tempo em que cada atividade deverá acontecer.

Este problema é alvo de estudos devido a sua complexidade [3] e o grande número de variáveis, dado o número de possibilidades que devem ser avaliadas para se verificar qual a melhor solução (ou solução ótima). No caso do problema de escalonamento de horários escolares, para realizar a montagem do horário devem ser levados em consideração os horários, a disponibilidade dos professores, as disciplinas a serem oferecidas, a quantidade de aulas de cada disciplina, as salas de aula disponíveis e os horários dos alunos. Entretanto, isso não significa simplesmente considerar os recursos citados acima, uma vez que cada um destes agrega restrições. Por exemplo, nem todos os professores estão disponíveis em tempo integral, há restrições de disponibilidade de uso em algumas salas de aula, como no caso de laboratórios, além de haver problemas de conflito de horários, etcétera.

Para resolver este problema, o gestor escolar deve propor uma solução que atenda total ou parcialmente aos recursos disponíveis e as restrições referentes a cada um destes, a fim de otimizar o processo de escalonamento de horários e diminuir o número de conflitos existentes.

B. Algoritmos Genéticos

A inteligência artificial é uma subárea da Ciência da Computação que envolve a utilização de métodos e técnicas que conseguem, a partir da inspiração na inteligência humana e de outros animais, solucionar problemas complexos. Hoje em dia, há debates sobre a diferença dos conceitos de inteligência artificial e inteligência computacional. A inteligência artificial é a ciência que tenta compreender e emular a inteligência humana como um todo, enquanto que a inteligência computacional procura desenvolver sistemas que tenham comportamento similar a certos aspectos do comportamento inteligente [8].

Castro [2] afirma que “a natureza também pode servir de inspiração para a computação, a computação pode ser utilizada para entender melhor a natureza e a própria natureza pode ser usada para computar”. Dessa forma, inúmeras técnicas computacionais foram criadas a partir da observação de fenômenos da natureza, estando agrupadas sob o rótulo de Computação Bioinspirada. Dentre tais técnicas, merecem destaque os algoritmos genéticos, que realizam uma busca heurística que é baseada na teoria da evolução e seleção natural de Charles Darwin, aliada aos conceitos da genética (cruzamento, mutação).

Linden [7] afirma que “os operadores genéticos consistem em aproximações computacionais de fenômenos vistos na natureza, como a reprodução sexuada, a mutação genética e quaisquer outros que a imaginação dos programadores consiga reproduzir”.

Os operadores genéticos transformam a população por meio de sucessivas gerações, estendendo a busca até encontrar uma solução satisfatória, de modo que as características das gerações anteriores tendem a se manter presentes ao longo das gerações. O trabalho desenvolvido em [9] define os seguintes operadores genéticos:

- Operador de seleção: seleciona os pais mais aptos a fim de reproduzir membros da população que tenham condições de atingir a função objetivo;
- Operador de mutação: são necessários para a introdução e manutenção da diversidade genética da população, alterando um ou mais componentes de uma estrutura escolhida. Desta forma, a mutação assegura que a probabilidade de se chegar a qualquer ponto do espaço de solução nunca seja zero;
- Operador de cruzamento: é responsável pela recombinação das características dos pais durante a reprodução, permitindo assim a herança das características dos pais.

Os operadores genéticos, apesar de serem explanados separadamente, eles trabalham em conjunto de forma sequencial (seleção, cruzamento e mutação), para obter o resultado desejado.

III. ALGORITMO PROPOSTO

O processo de montagem de horários é um trabalho árduo e desgastante, pois é necessário levar em consideração várias

restrições relacionadas às disciplinas, professores, alunos e salas. Nesse cenário, quaisquer pequenas modificações e/ou ajustes, quase sempre são necessários, por mais simples que sejam, exigirão mais algumas horas de trabalho.

As pesquisas realizadas na área [6, 8, 10, 11, 12] e os softwares disponíveis no mercado (asc *Timetable*, por exemplo) levam em consideração, principalmente, os aspectos administrativos para montagem de horários. Em outras palavras, consideram as restrições quanto ao corpo docente, estrutura da instituição (salas disponíveis) e as disciplinas que serão oferecidas, o que pode desfavorecer o desempenho acadêmico do corpo discente.

Entretanto, o aluno é um ator fundamental no processo de ensino-aprendizagem. Assim, para um bom desempenho do discente, o docente e a administração da instituição precisam desenvolver o que os pedagogos chamam de sequência didática iterativa. Esse processo consiste na ideia de criar maneiras que despertem o interesse do aluno e a participação do mesmo no processo de ensino-aprendizagem. Todavia, a existência de aulas vagas e intervalos de aula na estrutura de horário podem prejudicar o rendimento acadêmico dos alunos que não estejam envolvidos em outras atividades acadêmicas, visto que o discente pode se sentir desmotivado a aguardar até uma hora e quarenta minutos para assistir a aula seguinte.

Partindo-se do princípio que o curso de BSI é oferecido nos turnos matutino e vespertino e considerando-se que o mesmo recebe vários alunos de outros municípios que precisam se deslocar até a cidade de Caicó a fim de participar das aulas, faz-se necessário um olhar mais criterioso na montagem de horários, considerando o aluno como ator nos critérios para montagem de uma estrutura de horário. Os fatores listados acima justificam a busca por uma solução que foque na otimização do horário do discente, tendo em vista que o seu melhor rendimento acadêmico do corpo discente requer uma gestão de tempo favorável à construção do conhecimento.

O trabalho aqui proposto consiste em uma solução para o problema do escalonamento de horários acadêmicos baseada na utilização de algoritmos genéticos, que tenha como foco principal a otimização do horário dos discentes, buscando o equilíbrio na distribuição de aulas diárias e a minimização de ocorrência de intervalos entre aulas, com a finalidade de auxiliar o coordenador do curso na montagem de horários acadêmicos.

• Representação Cromossômica

Inicialmente, foi definida uma estrutura de dados que viabilizasse a descrição de horários acadêmicos. É importante ressaltar que, apesar da UFRN considerar o sábado como um dia letivo, o curso de BSI, que é utilizado como estudo de caso para o presente trabalho, não possui atividades nesse dia. Sendo assim, não se fez necessário a inclusão de uma coluna que representasse o referente dia.

Além disso, via de regra, as disciplinas vinculadas aos períodos ímpares são oferecidas no primeiro semestre do ano e

as disciplinas vinculadas aos períodos pares no segundo semestre do ano. Porém, com alguma frequência, também são oferecidas disciplinas esporádicas relacionadas aos períodos complementares, no caso de turmas de repetentes, de forma que quase sempre há disciplinas de todos os períodos oferecidas a cada semestre.

Devido ao fato da oferta de disciplinas não ser apenas em seus períodos regulares, o corpo docente do curso de BSI decidiu utilizar a seguinte política: no turno vespertino serão oferecidas as disciplinas para alunos regulares (nivelados), e no turno matutino para alunos repetentes.

As disciplinas obrigatórias estão divididas em níveis, que correspondem aos semestres em que devem ser obrigatoriamente oferecidas. Assim, a oferta de disciplina segue um calendário predefinido: quando o semestre corrente é ímpar, as disciplinas oferecidas como regulares no turno vespertino pertencem aos níveis ímpares (semestres 1, 3, 5 e 7) e no contra turno (matutino) são oferecidas disciplinas dos períodos pares a serem cursadas por alunos repetentes e/ou desnivelados. Quando o semestre corrente é par, ocorre o inverso. A Figura 1 representa a estrutura cromossômica utilizada no trabalho.

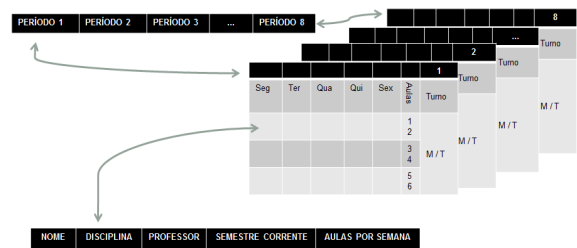


Figura 1: Representação cromossômica.

Apesar de o presente trabalho levar em consideração unicamente o curso de BSI, de acordo com as características do escalonamento de horários a relevância do espaço amostral é dada pela Equação (1):

$$\sum_{p=1}^n \frac{e!}{(e - b_p)!} \tag{1}$$

em que:

- p = período;
- n = número total de períodos de determinado curso (no caso de BSI são 8 períodos);
- e = tamanho da matriz de horários do curso;
- b_p = quantidade de blocos (posições) que serão preenchidos na matriz de acordo com o período. Em outras palavras, o número de aulas que serão oferecidas em determinado período.

Em seguida, foram definidos os operadores genéticos que seriam utilizados durante a execução do algoritmo na geração de novas populações. Segundo a literatura, os operadores de cruzamento e mutação, assim como a representação

cromossômica, devem estar de acordo com a complexidade e restrições associadas ao problema.

O diferencial no cruzamento em ordem é que, na matriz de seleção quando o valor é igual a 1, o filho herda as características do pai 1. Quando o valor é igual a 0, é necessário o uso de estrutura de dados auxiliar que serve para armazenar as características do pai 1 que não foram inseridas no filho. Em seguida, essa estrutura auxiliar irá ser ordenada de acordo com a ordem que as mesmas características aparecem no pai 2, para que o filho possa herdar as características deste pai. Uma ilustração do cruzamento utilizado é apresentada na Figura 2. Para a seleção dos pais foi utilizado o método da roleta, que consiste em escolher os pais por meio de um sorteio baseado na aptidão da população, a fim de manter a sua diversidade tendendo à convergência.

Após o processo de geração de um filho, o mesmo é submetido ao operador de mutação. A mutação utilizada foi à baseada em ordem por meio da permutação de genes do mesmo período. Além disso, este operador sofreu uma adaptação ao problema, devido a algumas restrições relacionadas ao mesmo.

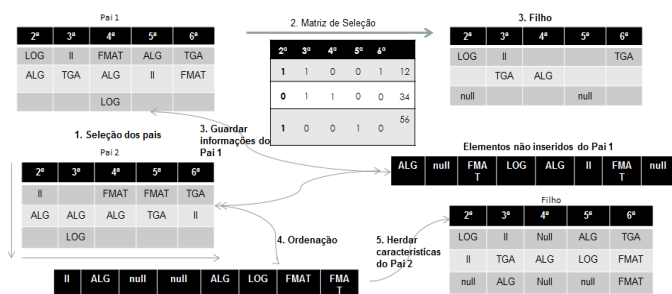


Figura 2: Ilustração do cruzamento em ordem.

De acordo com o que ocorre na biologia, a mutação pode gerar anomalias, entretanto, no presente trabalho este operador foi utilizado como um corretor desses efeitos indesejados, a fim de não gerar indivíduos que infrinjam os objetivos do algoritmo. Especificamente, a mutação age como um operador que deixa as soluções de acordo com as restrições do problema (disponibilidade dos professores, eliminação de intervalos vagos entre aulas e controle de choques de horário), tentando evitar ao máximo o número de punições que possam vir a influenciar no valor de aptidão do indivíduo [1].

• Função de Avaliação

Após a geração de um filho, por meio da submissão deste indivíduo aos operadores genéticos, é necessário associar ao mesmo um valor de aptidão, uma vez que cada indivíduo é visto como uma possível solução. É importante ressaltar que, o valor de aptidão do indivíduo influencia na seleção dos indivíduos da população a serem submetidos ao operador genético de cruzamento a fim de gerar novos filhos.

Neste trabalho, a função de avaliação foi definida como sendo a soma de punições quando o indivíduo infringe alguma restrição. A punição se faz necessária, pois os indivíduos gerados podem infringir alguma restrição associada ao problema e não corresponder às preferências dos professores.

Neste caso, tem-se um problema de minimização, em que o algoritmo deve buscar pelo indivíduo de menor o valor de aptidão.

Os critérios adotados, como a punição, a serem agregados ao valor de aptidão do indivíduo foram baseados nos objetivos do presente trabalho, focando na blocagem de horários a favor do corpo discente. Os critérios e a justificativa de seus usos são explanados a seguir:

- Último horário – como já foi descrito anteriormente, o corpo discente do curso de BSI possui alunos de outras cidades não residentes na cidade do campus, com isso eles dependem de transportes escolares que possuem horários definidos de chegada e saída. Sendo assim, se um dia for oferecida apenas uma disciplina no último horário, pode resultar em um longo tempo ocioso por parte do aluno e o mesmo poderá ter a necessidade de sair da sala de aula antes que esta tenha terminado. Conseqüentemente, o aluno perderá uma parte da explanação do conteúdo ministrado;
- Aulas vagas – uma vez que grande parte dos alunos não está envolvida em outras atividades acadêmicas que possam ocupar seu espaço de tempo integralmente, a ociosidade gera certo desinteresse em participar da aula seguinte, em caso de um intervalo de tempo grande (equivalente há duas horas-aulas ou mais) entre duas aulas;
- Aulas de uma mesma disciplina no mesmo dia – o curso de BSI possui uma grade curricular bem diversificada quanto aos tipos de disciplinas. De acordo com estudos pedagógicos recentes [3], aulas de uma mesma disciplina no mesmo dia, além de cansativas, induz o aluno à desmotivação. É evidente que durante o curso existem disciplinas que requerem mais tempo e, por isso, torna-se necessário à ocorrência de mais aulas, o que pode até ser motivador, a depender do perfil do aluno. Entretanto, estas disciplinas não podem ser consideradas como referências para as demais, além do fato de ser possível dividi-las em vários blocos de duas aulas;
- Preferência dos professores – geralmente esse é um dos critérios mais importantes para a montagem de horários. Todavia, este requisito foi atendido na medida do possível, uma vez que os professores, a priori, possuem dedicação exclusiva. Assim, a questão da preferência dos professores foi tratada como uma punição, quando o algoritmo não puder atender a este requisito. Por fim, vale salientar que o foco deste trabalho é a criação de horários focados na sequência didática iterativa pedagógica e não nas restrições dos professores. A disponibilidade é salva num vetor de 0 (indisponível) ou 1(disponível) com o mesmo tamanho da matriz que representa um horário;
- Choque de horários – o choque de horário é uma restrição primordial na montagem de horários, apesar da mutação tentar corrigir essa ocorrência. Caso ainda persista, uma punição é associada ao horário.

As punições anteriormente citadas estão numa mesma escala numérica, e o valor determinado para cada restrição não

satisfeita é acrescido de 1 todas as vezes que isso ocorrer. Sendo assim, a função de avaliação de um indivíduo é obtida de acordo com a Equação (2).

$$F(i) = \sum_{p=1}^x (a_p + v_p + u_p + pf) + (k * ch) \quad (2)$$

em que:

p = período;

x = número total de períodos;

a = número de aulas vagas no primeiro horário, desde que possua aula no segundo horário;

v = número de aulas vagas entre duas aulas;

u = número de aulas que são ofertadas apenas no último horário em determinado(s) dia(s);

pf = número de infrações quanto à disponibilidade dos professores;

ch = número de choques de horários nos períodos;

k = peso atribuído ao choque de horários.

IV. RESULTADOS

Os resultados experimentais foram obtidos por meio de simulações de horários geradas pelo algoritmo proposto no presente trabalho. Estes foram comparados aos horários montados anteriormente pelo coordenador do curso.

O algoritmo atendeu às diretrizes dos algoritmos genéticos, cumprindo com os objetivos apresentados anteriormente, além de respeitar as restrições associadas ao problema de escalonamento de horário. Conseqüentemente, o experimento provou ser possível encontrar diversas propostas de horários que podem ser utilizadas como soluções para o problema de escalonamento de horários tendo com foco principal a blocagem de horários, diferenciando-se das demais pesquisas realizadas na área.

Além disso, o algoritmo explorou o funcionamento dos operadores genéticos de cruzamento e, principalmente, o de mutação dando ênfase ao objetivo do trabalho. Em especial, no algoritmo proposto, existe a diferença de que os indivíduos gerados após o cruzamento sempre são submetidos à operação de mutação, uma vez que a mutação age como corretor de anomalias e adaptação às preferências dos professores.

Quanto à função de avaliação, esta calcula as infrações encontradas numa possível solução, agregando as punições ao valor de aptidão do indivíduo. A função foi obtida por meio da análise do perfil dos alunos, não esquecendo fatores administrativos e pedagógicos, já que os alunos necessitam de estímulos por meio de ensino lúdico pedagógico.

Para fim de simulação e comparação, foram utilizados os horários anteriormente gerados de forma manual referente aos semestres 2012.1 a 2015.2. Para todas as simulações o tamanho da população foi igual a 100 e a quantidade de gerações igual a 2000. Os dados extraídos, após a execução do algoritmo referente a cada semestre, correspondem aos valores dos piores e melhores indivíduos, e a média das populações a cada 100 gerações.

Os resultados obtidos das populações são apresentados na Figura 3.

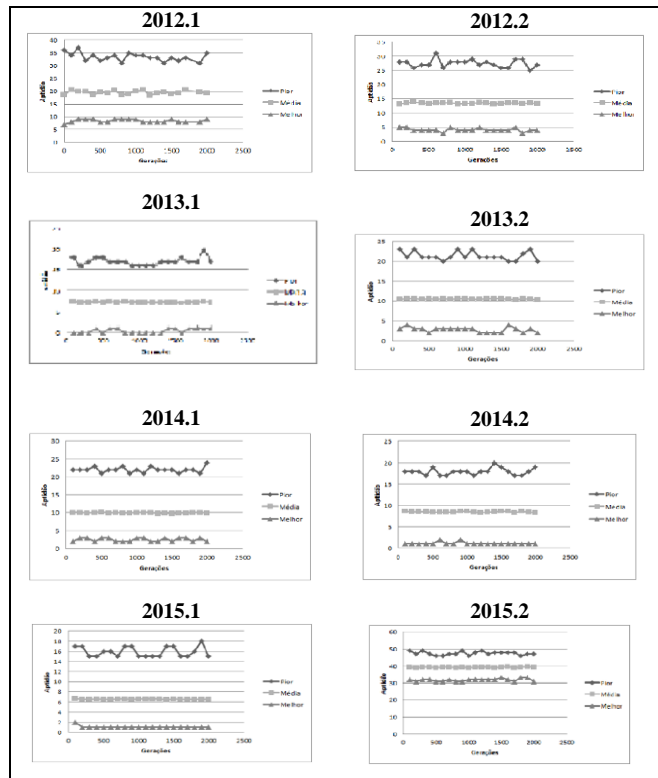


Figura 3: Aptidões obtidas ao longo das gerações.

Além desses dados extraídos da população, se mostrou importante verificar os resultados de acordo com a evolução das gerações. Para isso, foram extraídas as médias da população a cada 100 iterações, como ilustra a Figura 4.

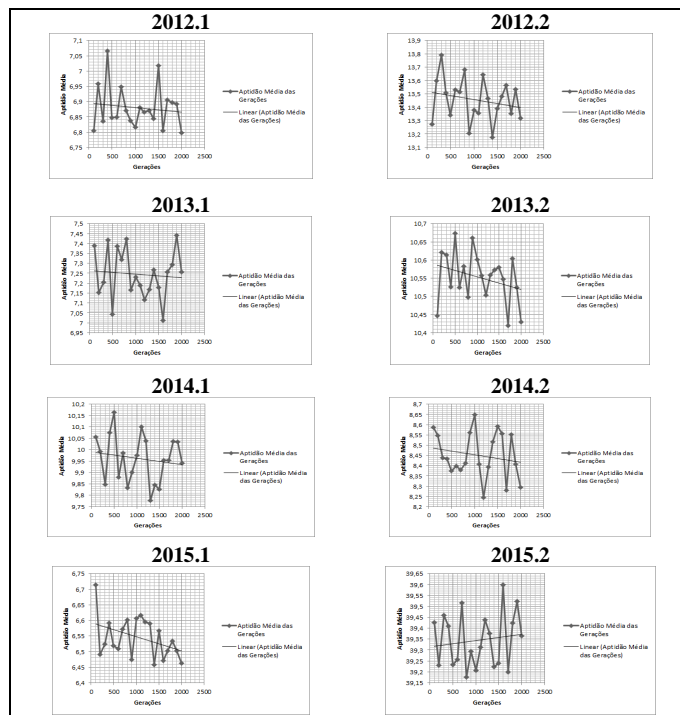


Figura 4: Desempenho do algoritmo.

As aptidões das soluções propostas pelo algoritmo são apresentadas na Tabela I.

TABELA I COMPARAÇÃO DA APTIDÃO DAS SOLUÇÕES

Semestre	Aptidão		
	Manual	Algoritmo (Soluções Oferecidas)	
		População Final	Melhor das Gerações
2012.1	19	2	0
2012.2	21	6	3
2013.1	23	3	0
2013.2	25	5	2
2014.1	23	3	2
2014.2	12	4	1
2015.1	24	3	1
2015.2	17	34	17

A Figura 5 apresenta um exemplo de horário obtido pelo algoritmo proposto.

Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Turno
FMAT (Luciano)	II (Luiz Paulo)	ALG (Flavius)	LOG (João Paulo)	ALG (Flavius)	1 2		T
II (Luiz Paulo)	LOG (João Paulo)	FMAT (Luciano)	ALG (Flavius)	TGA (Gilson)	3 4		
		TGA (Gilson)			5 6		

Figura 5: Horário proposto pelo algoritmo para o primeiro período de 2012.1.

Para considerações quanto ao tempo de execução, foi utilizada uma máquina com processador Intel® Core (TM) i7-3632QM CPU @ 2,20 GHz, com memória RAM de 6 GB, sistema operacional de 64 bits. A Figura 6 apresenta o tempo de execução do algoritmo para cada experimento.

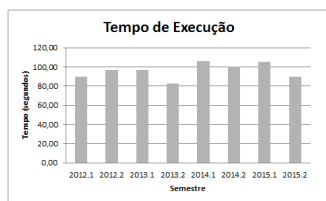


Figura 6: Tempos de execução observados nos experimentos.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados, conclui-se que o algoritmo proposto consegue gerar soluções aceitáveis em um espaço de tempo bastante inferior ao gasto se feito de forma manual, o que ressalta o funcionamento positivo do algoritmo, conseguindo, portanto, atingir seus objetivos. Os experimentos foram executados 10 vezes, entretanto foi possível conseguir bons resultados na 1ª, 2ª ou 3ª execução. Os demais foram realizados apenas para conferir se as soluções do algoritmo se divergiam. Ademais, o algoritmo

pode auxiliar o coordenador no processo de montagem de horários, permitindo também que seja feita várias simulações que impliquem em alterações de uma proposta de horário gerada anteriormente.

Outro ponto que é importante ressaltar é que a quantidade de restrições e o tamanho do espaço amostral influenciam na execução do algoritmo. Muitas restrições, além de gerar soluções com alto valor de aptidão, são possíveis que o algoritmo entre em um ciclo infinito. Para resolver este caso se faz necessário ignorar algumas restrições às quais devem ser definidas pelo coordenador, como ocorreu na instância 2015.2.

Para trabalhos futuros, sugere-se acrescentar ao algoritmo proposto a disponibilidade das salas e a disponibilidade dos alunos aptos a cursar determinada disciplina. A inclusão desses últimos fatores implica em proporcionar maior ênfase ao rendimento acadêmico do corpo discente.

REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, Maria Weslane de Sousa. Utilização de algoritmos genéticos para montagem de horários acadêmicos com foco na blocagem de horários. Caicó: UFRN, 2015. Disponível em: <http://monografias.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/1148>.
- [2] CASTRO, Leandro Nunes de. “Computação natural: uma jornada ilustrada”. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010. p.1-70.
- [3] COOPER, Tim B.; KINGSTON, Jeffrey H. The complexity of timetable construction problems. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1996.
- [4] GARCIA, Tânia Cristina Meira; SOBRINHO, Djanní Martinho dos Santos; GARCIA, Tulia Fernandes Meira. “Profissão Docente”. Natal: EDUFN, 2014. p.89 – 218.
- [5] GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca L. “Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos”. Rio de Janeiro: 2000. p. 13-14.
- [6] JAT, Sadaf Naseem; YANG, Shengxiang. A guided search genetic algorithm for the university course timetabling problem. In: MISTA, 2009. Anais... 2009. Dublin: MISTA, 2009.
- [7] LINDEN, Ricardo. “Algoritmos genéticos”, 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2012.
- [8] LOBO, Eduardo Luiz M. “Uma solução do problema de horário escolar via algoritmo genético paralelo”. Belo Horizonte: CEFET, 2005. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2005..
- [9] MICHELAN, Roberto; MAIA, Alexandra Carniel Perdigão. “Algoritmos Genéticos”. 2006.
- [10] RAGHAVJEE, Rushil; PILLAY, Nelishia. An application of genetic algorithms to the school timetabling problem. In: Proceedings of the 2008 annual research conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT research in developing countries: riding the wave of technology. Anais... Nova Iorque: ACM Digital Library, p. 193-199, 2008.
- [11] RAGHAVJEE, Rushil; PILLAY, Nelishia. The effect of construction heuristic on the performance of a genetic algorithm for the school timetabling problem.. In: Proceedings of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists Conference on Knowledge, Innovation and Leadership in a Diverse, Multidisciplinary Environment. Anais... Nova Iorque: ACM Digital Library, 2011 p. 187-194.
- [12] SIGL, Branimir; GOLUB, Marin; MORNAR, Vedran. Solving timetable scheduling problem using genetic algorithms. In: 25th Conference Information Technology Interfaces. Cavtat, Croácia, p. 519-524, jun. 2003. Anais... Cavtat: 2003.
- [13] SILVA, Gilson Gomes da. [Comunicação pessoal]. Caicó: UFRN, 2014.