

Otimização de quadros horários escolares por meio de uma ferramenta baseada em algoritmos inteligentes

José H. N. R. Filho¹, Leandro C. Origuela¹

Orientador: Walison B.Alves

¹Curso de Sistemas de Informação – Centro Universitário UNIFAFIBE
Bebedouro –SP – Brasil

{josenunosti}@gmail.com, {leandrooriguela}@hotmail.com, {sistemas}@unifafibe.com.br

Resumo. *A elaboração de grade horária tem uma grande complexidade e demanda muito tempo para sua conclusão, assim se faz necessário a utilização uma ferramenta computacional para otimizar esta tarefa. Sua complexidade é dada por inúmeras restrições que torna o processo demorado ainda mais quando cada professor fica disponível para lecionar apenas alguns dias da semana, dificultando sua realização pelos meios de elaboração tradicionais e uma programação computacional convencional. Este procedimento de geração é muito específico de cada instituição, pois cada uma tem suas restrições. Este artigo aborda o problema de alocação de professores em disciplinas de acordo com suas disponibilidades e as restrições da instituição promovendo o encontro entre professores e alunos de acordo com a grade curricular do curso, utilizando uma técnica de programa metaheurística baseada na seleção natural das espécies, os Algoritmos Genéticos (AGs); incorporando uma população que contem possíveis soluções sendo submetidas a operadores probabilísticos tendo uma população com indivíduos melhores conforme o processo evolutivo continua. Uma ferramenta foi desenvolvida para atender as necessidades do Centro Universitário Unifafibe que se propõe a encontrar a grade horária dos cursos. Para isso foram realizadas criação de população, germinação, operadores de mutação, cruzamento, elitismo, processo de seleção de indivíduos, conseguindo alcançar os resultados desejados.*

1. Introdução

O escalonamento de horários escolares é amplamente conhecido pela sua complexidade haja vista a necessidade de conciliar diversas restrições, tais como professores, disciplinas, entre outros, que fazem com que o problema se apresente com uma enorme complexidade (BRAZ, 2000). Levando em consideração que toda instituição deve elaborar o quadro horário de seus cursos, surge a necessidade de uma solução que automatize o processo de

construção de grade horária. Baseado nesta necessidade, o objetivo deste trabalho é realizar um experimento que automatize a geração de grade horária da instituição de ensino Unifafibe, por meio de uma ferramenta baseada em algoritmos inteligentes. Após serem fornecidas as informações necessárias na ferramenta, o principal artefato a ser gerado é a grade horária de cursos da instituição. Uma das motivações para o desenvolvimento deste trabalho é automatizar o processo de escalonamento: Grade horária escolar, por ser um processo árduo que exige muita atenção e tempo para ser realizado sem o apoio de uma ferramenta adequada, outro motivo é que existe uma escassez de ferramentas que automatizem esse processo no mercado que atenda às necessidades específicas de uma instituição de ensino. Com isso a instituição irá reduzir seu tempo com a atividade de geração de grade horária podendo alocar esforços em outras atividades.

2. *Timetabling*(Tabela de Horário)

O problema de construção de carga horária vem sendo abordado desde a década de 60, sendo que os primeiros trabalhos a se destacarem foram realizados na década de 80 (PINHEIRO e OLIVEIRA, 2001). Indicando que o problema vem sendo estudado a um bom tempo e se atualizando para o período atual. Construção de horários escolares consiste em arranjar encontros entre professores, turmas e alunos, em um período de tempo determinado, de modo a atender um conjunto de restrições de diversos tipos (SOBREIRA NETTO, 2011) com isso a construção de grade de horários de cursos de uma instituição de ensino é um problema enfrentado no início de cada semestre, que consiste em mobilizar grande quantidade pessoas, tempo e esforço. Grade de horários tende a satisfazer as restrições dos professores (BUCCO, 2017). Na grande maioria das universidades este é feito de forma manual o que exige um considerável tempo para sua elaboração. Isso ocorre pelo grande número de restrições de professores e tende a satisfazer tais restrições pré-definidas organizando aulas em um intervalo de tempo (RIBEIRO FILHO, 2001). Um horário bem elaborado é um requisito importante para a boa administração de qualquer instituição de ensino. Com o grande número de fatores envolvidos

como quantidade de curso, disciplinas e docentes torna-se a criação de horário muito complexa. Seria inviável aulas da mesma unidade curricular, serem ministradas ao mesmo tempo, isso demandaria um esforço muito grande para a coordenação de docentes, no ponto de vista pedagógico seria um desastre (MOREIRA, 2011) e financeiramente encareceria o custo final do curso.

2.1 Timetabling

Timetabling é a alocação, sujeita a restrições, de determinados recursos em determinado espaço de tempo, de forma a satisfazer da melhor forma possível um conjunto de objetivos desejáveis (BURKE e PETROVIC, 2002 apud WREN, 1996). Esse problema pode ser encontrado também em linhas de ônibus para encontrar o melhor itinerário possível. No estudo da inteligência artificial este tipo de problema é conhecido como um problema de alocação; como alocar entidades de uma forma satisfatória que obedeça na medida do possível, as restrições estabelecidas (SOUZA, 2000). As definições mais próximas deste estudo é, segundo Russell e Norvig (2009 apud BELLMAN, 1978), “[A automação de] atividades que associamos com o pensamento humano, tais como tomada de decisões, resolução de problemas, a aprendizagem...” Atividade de transferir o raciocínio humano para a máquina.

2.2 Definição

Segundo (ROSS et al.,2000,p.1) um *timetabling* genérico pode ser definido por três conjuntos básicos. São eles:

- $E=\{e_1, e_2, \dots, e_v\}$, ou seja, um conjunto finito de eventos que inclui atividades diversas como exames, seminários, projetos, ou aulas;
- $T =\{t_1, t_2, \dots, t_s\}$, que é um conjunto finito de horários, para realização dos eventos.
- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, que implica em um conjunto finito de agentes (instrutores, monitores ou professores), que têm o papel de monitorar eventos particulares.

2.3 Problema

Schaerf (1995) afirma que, na literatura, esse processo de criação de grade horária é conhecido como *Timetabling*, e consiste em determinar uma sequência de encontros entre estudantes e professores em um espaço de tempo pré-definido (tipicamente uma semana), satisfazendo um conjunto de restrições de vários tipos.

Tradicionalmente, os professores de uma instituição não possuem todos os seus horários disponíveis para lecionar aulas, seja por que trabalham em outros cursos, na mesma ou em outra instituição ou porque assumem outras atividades. Essa restrição de horários dos professores aumenta a complexidade na busca de uma solução (FUCILINI, 2009).

Ainda é possível encontrar outras exceções, como preferencias de horários e dias específicos, possível conflito entre professor em duas turmas no mesmo horário.

São muitas as variações do problema do *timetabling* e são diferentes umas das outras, pelo tipo de instituição envolvida como universidades ou escolas. Schaerf (1999) cita três classes de problemas:

- **School Timetabling (Horário Escolar):** sequenciamento semanal das aulas de uma escola, evitando que professores e alunos tenham mais de uma aula simultaneamente. Existirá um conjunto de turmas, um conjunto de professores e um conjunto de horários para a realização das aulas. Para cada turma há um conjunto de matérias, com duas cargas horárias. Para cada professor é associado a matéria e as turmas que o professor irá ministrar as aulas. O objetivo é que fique assim: Um professor não ministre aula para mais de uma turma ao mesmo tempo; Cada turma não terá aula com mais de um professor ao mesmo tempo; E que as cargas horárias das disciplinas sejam cumpridas.

- **Course Timetabling (Horário do Curso):** sequenciamento semanal das aulas de um conjunto de cursos de uma universidade, evitando a simultaneidade de cursos com estudantes em comum. Há um conjunto de cursos e para cada curso um número de aulas. Também, há, um conjunto de currículos e cada currículo envolve um conjunto de cursos. Os alunos se matriculam em turmas

dos cursos de seu currículo. Há turma de um curso pode ter estudantes com currículos diferentes.

Como o objetivo deste trabalho é produzir uma solução para o *School Timetabling* no Unifafibe, será abordado este tema ao longo do artigo.

2.3.2 Restrições

Para cada escola há diversas restrições, ou indisponibilidades, que se impõem sobre as possíveis soluções. Restrições hard não podem ser violadas em qualquer hipótese porque causariam inviabilidade da grade de horário. As restrições soft são desejáveis que tem preferência de ser seguida e sua violação não inviabilizaram a solução (BURKE;PETROVIC, 2002).

Características que podem ser consideradas em um escalonamento de horários para um desenvolvedor são:

- Disciplinas de um mesmo período não devem ocorrer ao mesmo tempo (hard);
- Disciplinas de um mesmo professor não podem ocorrer ao mesmo tempo (hard).

Duas matérias não podem ser alocadas para a mesma sala de aula ao mesmo tempo (hard).

Um professor deve ter o mínimo de janelas no seu horário (soft).

Existem outras restrições possíveis essas são apenas algumas delas.

2.4 Complexidade

O *timetable* é avaliado no campo de computação como NP difícil “verificáveis” em tempo polinomial (CORMEN et al., 2009). Nessa classificação ficam agrupados os problemas com tempo de resolução computacional alto, e em *timetable* ocorre pela quantidade de restrições.

Sipser (2012) mostra que os problemas se dividem em diversas classes, entre elas as principais são:

- **P**: classe dos problemas que podem ser resolvidos em tempo polinomial;
- **NP**: a classe dos problemas que podem ser verificados em tempo polinomial, isto é, dado uma entrada, existe um verificador que, em tempo polinomial, é capaz de dizer se a entrada resolve ou não o problema dado;
- **NP-Hard ou NP-Difícil**: classe dos problemas, onde os problemas podem ser reduzidos em tempo polinomial para eles, mesmo se estes não estiverem na classe NP;
- **NP-Completo**: intersecção entre NP e NP-Hard.

3. Algoritmos Genéticos

Em meados do século XIX Charles Darwin após vários estudos e experimentos, expôs sua teoria da evolução natural em “A origem das espécies” e em cerca de 1900 a obra de Gregor Mendel sobre os princípios básicos da genética foi estudada por vários cientistas contribuindo para teoria da evolução e combinada com as ideias de Darwin, deram origem a moderna teoria da evolução, que diz que a diversidade entre os indivíduos de uma população que se reproduzem sexualmente, é resultado da mutação e recombinação genética (TIMÓTEO 2002).

Ainda segundo Timóteo (2002), nas décadas de 50 e 60, começam as simulações computacionais de sistemas genéticos. Um dos primeiros a realizar pesquisas sobre o tema foi JonhHolland, em 1975 apresentou seu trabalho em “Adaptação em Sistemas Naturais e Artificiais” que até hoje é referência sobre algoritmos genéticos. A partir daí, osAGs começara a ser utilizados em diversas áreas.

3.1 Funcionamento de um Algoritmo Genético

Algoritmos genéticos são modelos computacionais de busca baseados nos processos de evolução natural e na genética. Os AGs incorporam uma

população que contém possíveis soluções para o problema em questão que são submetidas a operadores probabilísticos inspirados nas metáforas biológicas, essa população tende a conter indivíduos melhores à medida que o processo evolutivo continua(TANOMARU, 1995).

3.2 População

População é o nome atribuído ao conjunto de cromossomos ou soluções do problema. O mecanismo para a geração da população inicial são geralmente métodos aleatório, assim é possível alcançar uma maior diversidade enriquecendo o espaço de busca (ALVEZ, 2008).

No entanto, o processo de inicialização da população deve ser realizado com muita cautela, pois a geração de indivíduos inválidos poderia desestimular o processo evolutivo de uma população sujeita a diversas restrições (BORGES, 2003).

3.3 Formas de representação

A representação de um cromossomo é um dos processos mais importantes da codificação de um GA, pois é nela que traduzimos o problema em uma forma viável de tratamento pelo computador. Quanto mais apropriada ao problema a representação for, maior a qualidade dos resultados (LIDEN, 2012).

Ainda segundo Liden (2012), não existe qualquer tipo de obrigação para a adoção de representação binária ou qualquer outra representação. No entanto, a representação depende do problema e de quais informações pretende-se manipular (LOBO, 2005).

Na tabela 1, é possível observar algumas formas de representação de um cromossomo.

Forma de codificação	Exemplo de cromossomo
Números Binários (0 ; 1)	[0 1 0 0 1 1 0 0 1]

Números Reais	[2,31 1,43 3,45 1,01 2,36]
Números Inteiros (... ; -2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2 ; ...)	[-10 5 11 -15 -12 14 -8]
Caracteres (A ; B ; C ; D ; ...)	[C R O M O S S O M O]

Tabela 1: Exemplo de codificação de cromossomos. Fonte: ALVES, 2008

3.4 Avaliação de Aptidão

Na etapa de avaliação da população, cada indivíduo é submetido a um processo que determina seu grau de aptidão (fitness), de modo a determinar o quão bom é o indivíduo para a solução do problema. Atualmente existem diversas formas de avaliar a população (TIMÓTEO, 2002).

Em casos de otimização de funções matemáticas, tende a ser escolhido como grau de aptidão de determinado indivíduo, o próprio valor de retorno das funções ao se aplicar como parâmetro a decodificação desse indivíduo.

Em problemas com muitas restrições, funções baseadas em penalidades são mais comuns, ou seja, quanto menos penalidades, maior grau de aptidão do indivíduo. (TIMÓTEO, 2002, p.8).

Pode-se observar que o tipo de avaliação está fortemente ligado ao tipo do problema, sendo assim, é necessário um conhecimento apropriado do problema em questão, pois a má escolha da avaliação pode retardar o processo evolutivo da população.

3.5 Seleção

O processo de seleção define quais indivíduos da população irão atuar na fase de reprodução (Crossover). Os indivíduos são selecionados com base em seu grau de aptidão determinado pelo processo de avaliação, dependendo da técnica de seleção, terão maiores probabilidades de fazer parte do processo de reprodução os indivíduos com maior adaptação, no entanto é desejável manter a diversidade (BRAGA, 2007).

Existem diversos métodos a serem aplicados no processo de seleção dos indivíduos que irão atuar no processo de reprodução. Serão abordados neste trabalho os métodos de Roleta giratória, Torneio e Elitismo.

3.5.1 Roleta giratória

Segundo Borges (2003), é atribuído a cada indivíduo da população uma porção da roleta proporcional a sua aptidão. É gerado aleatoriamente um valor entre a somatória da aptidão da população, em seguida é selecionado o indivíduo referente a esse valor, assim, o indivíduo com maior aptidão terá mais probabilidade de ser selecionado para a etapa de cruzamento.

No entanto, esse método tem um problema, pois o indivíduo que possuir uma aptidão muito maior que os demais indivíduos da população, evidentemente poderá ser sempre selecionado, e ter muitos descendentes nas próximas gerações, levando a convergência prematura da população (TIMÓTEO, 2002).

3.5.2 Seleção por Torneio

Diferente do método de roleta, a seleção por torneio não favorece os indivíduos com maior aptidão. O método escolhe aleatoriamente uma determinada quantidade de indivíduos para participar do torneio. O indivíduo que possuir a maior aptidão é selecionado para ser submetido ao processo de cruzamento (LIDEN, 2012).

Ainda segundo Liden (2012), um problema deste método, é ocorrer do pior indivíduo ser selecionado, pois a única chance disso acontecer, é se o indivíduo com a menor aptidão ser o único selecionado no torneio. Por isso, é mais comum encontrar tamanhos de torneios com dois indivíduos, assim o problema é minimizado.

3.5.3 Elitismo

O elitismo pode ser adicionado a muitos métodos de seleção, proporcionando um melhor desempenho no algoritmo genético (MITCHELL, 1998). O método consiste em preservar uma quantidade determinada de indivíduos da geração atual, de modo a copia-los diretamente para a próxima geração, sem antes submetê-los aos operadores genéticos, assim os indivíduos mais aptos terão a possibilidade de sempre reproduzir seus genes nas próximas gerações (LIDEN, 2012).

3.6 Operador de Cruzamento (Crossover)

Após os indivíduos serem escolhidos pelo processo de seleção, são submetidos ao operador de cruzamento (Crossover). Esta etapa é marcada pela troca de segmentos entre “casais” de indivíduos que formarão a população da próxima geração. A combinação das características dos pais, contribuem diretamente para o surgimento de uma infinidade de tipos de indivíduos diferentes, assim, acelerando o processo evolutivo (LOBO, 2005).

Ainda de acordo com Lobo(2005), as três formas mais comumente empregadas em algoritmos genéticos são o cruzamento em um ponto, o cruzamento em dois pontos e o cruzamento uniforme. Neste trabalho iremos detalhar a seguir o cruzamento em um ponto e dois pontos.

3.6.1 Cruzamento em um ponto

No cruzamento em um ponto, um ponto de corte é escolhido aleatoriamente. A partir desse ponto, os materiais genéticos são trocados entre os pais, de modo que as informações contidas antes do ponto de um pai, sejam concatenadas com a parte do outro pai, depois do ponto de corte, formando assim seus descendentes (BORGES, 2003). Na Figura 1, é possível visualizar como o processo de cruzamento em um ponto funciona.

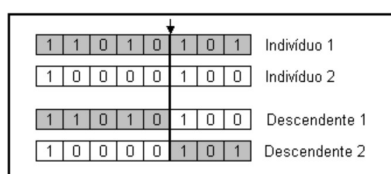


Figura 1: Exemplo de cruzamento em um ponto. Fonte: LOBO, 2005

3.6.2 Cruzamento em dois pontos

De acordo com Lobo (2005), o cruzamento em dois pontos, é similar ao processo de cruzamento em um ponto. Um dos descendentes fica com as partes extremas de um dos pais e com a parte central de outro pai e vice versa, conforme exemplificado na Figura 2.

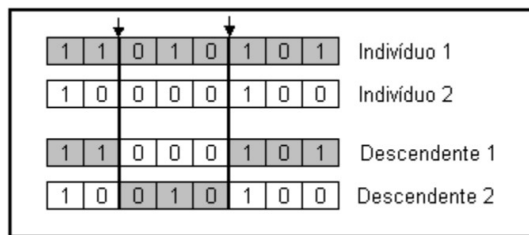


Figura 2: Exemplo de cruzamento em dois pontos. Fonte: LOBO, 2005

3.7 Operador de Mutação

O operador de mutação é de suma importância para o processo evolutivo da população nos algoritmos genéticos, pois ele contribui para introdução e manutenção da diversidade genética na população, alterando aleatoriamente um ou mais genes de um indivíduo escolhido. Deste modo, a mutação assegura que a probabilidade de encontrar novos pontos de busca nunca seja zero, visando contornar o problema de ótimos locais (Castro, 2001).

Conforme Alves (2008), em casos de representações binárias, torna-se de 0 para 1 e vice versa. É utilizada uma taxa de mutação para cada bit da sequência de caracteres de um indivíduo selecionado e caso sorteado, o bit será trocado para outro valor válido do alfabeto genético. Na Figura 3, é possível verificar o processo de mutação de um cromossomo binário.

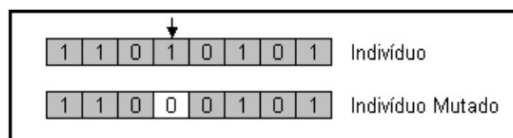


Figura 3: Exemplo de Mutação. Fonte: LOBO, 2005

3.8 Critério de parada

Conforme Lobo (2005), podem ser utilizados diferentes critérios de término de execução dos algoritmos genéticos. Alguns critérios são:

- Após um determinado numero de gerações, ou seja, um total de de ciclos evolutivos.
- Ao alcançar a avaliação máxima da função-objetivo.
- Perda de diversidade da população.

4. A ferramenta para automação de grade horária

As informações referentes as restrições são identificadas pela secretária. Por haver uma grande quantidade de informações a ser levada em consideração este trabalho começa a ser feito meses antes ao início do semestre letivo seguinte.

Problemas mais citados pela instituição são de ocorrer indisponibilidade de professores em um determinado horário; Choque de horários de um mesmo professor entre cursos diferentes.

Pela complexidade de elaboração, uma ferramenta que realize a montagem de horários seria de grande utilidade para a instituição.

4.1 Organização da ferramenta

A ferramenta está separada conforme é possível visualizar na Figura 4:

- O módulo de cadastro e exibição de dados;
- O módulo de acesso aos dados contidos no banco de dados.
- O módulo de geração de grades horárias;



Figura 4. Separação dos módulos da ferramenta. Fonte: Autor.

4.2 Módulo de cadastro e exibição de dados

Os formulários de entrada de dados é a interface do usuário que atende os cadastros de curso, professor, disciplina, turma. Satisfaz toda a necessidade e está arranjado de forma lógica que facilita a inserção dos dados. As informações são acessadas pelo menu principal, os dados são inseridos em uma tela organizada em guias superiores agilizando a transição entre um cadastro e outro. Na tela de cadastro apresentado na Figura 5 atende as regras de disponibilidade e sinaliza se o professor reside em Bebedouro.

Figura 5: Cadastro de professor. Fonte: Autor

Ao realizar o cadastro de professor já é possível acrescentar a sua disponibilidade ou acrescenta-la futuramente.

As disciplinas cadastradas terão o curso e período já associados em uma mesma tela satisfazendo o relacionamento entre disciplina, curso e período. Como pode ser visto na Figura 6 cada disciplina está ligada a um curso e período.

Código	Disciplina	Disciplina Abreviado	Quantidade Aulas	Curso
--------	------------	----------------------	------------------	-------

Figura 6: Cadastro de professor. Fonte: Autor

Professor e Disciplina tem tabelas próprias no banco de dados, porem foi criada uma tabela auxiliar para receber o relacionamento das duas entidades, assim um professor pode lecionar N disciplina e disciplina pode ter mais de um professor satisfazendo uma particularidade da instituição.

4.3 Módulo de geração de grades horárias

O AG inicia a população de indivíduos de forma aleatória para garantir a diversidade nas soluções candidatas, cada indivíduo representa um quadro de horários completo e é composto por um vetor de números inteiros.

O vetor possui 11 colunas onde a primeira coluna armazena o identificador único da turma, a segunda a decima primeira, representam os horários da grade de segunda-feira a sexta-feira onde é armazenado o identificador único da disciplina. Cada linha do vetor representa uma turma, que está relacionada a um curso específico. É possível verificar a representação do indivíduo na Figura 7.

	Disciplinas			...	Disciplinas	
	Turma	Segunda			Sexta	
Turma 1	11	30	31	...	27	35
Turma 2	12	60	68	...	59	55
Turma 3	13	88	84	...	87	90
⋮
Turma N	14	52	47	...	42	43

Figura 7: Representação da grade horária. Fonte: Autor.

Cada número do vetor é um código armazenado no banco de dados, que são atribuídos a disciplina e turma no momento do cadastro. Foi utilizado o tipo de dados inteiro na representação, pela facilidade de manipulação e por representarem fielmente os dados da grade horária armazenados do banco de dados. Após a inicialização da população, ela é submetida aos operadores genéticos de forma a simular o processo de evolução das espécies, por meio da seleção, cruzamento (crossover) e mutação. A cada iteração da população com os operadores genéticos, é criada uma nova população de indivíduos, esses novos indivíduos tendem a ser melhores que os indivíduos da população anterior. O processo de cruzamento utilizado neste trabalho, foi inspirado no modelo implementado por Freitas (2012). Neste modelo, são trocadas as disciplinas de cada turma entre os pais selecionados pelo operador de seleção, de modo a não tornar o indivíduo incompatível, pois ele utiliza um algoritmo que troca apenas o lugar das disciplinas dentro do vetor, com isso, novos indivíduos são inseridos na população. Para evitar a estagnação da população, utiliza-se o operador de mutação, onde o indivíduo tem seu conteúdo alterado, desde que a condição da taxa de mutação definida pelo usuário previamente, seja satisfeita. O processo de mutação utilizado neste trabalho, foi elaborado com base no modelo implementado por Freitas (2012). Para cada turma do indivíduo, são sorteadas duas posições onde cada posição representa uma disciplina da turma, após o sorteio as disciplinas são trocadas de posição. Esse procedimento pode ser compreendido na Figura 8, onde o Filho 1 sinaliza em vermelho as duas posições sorteadas, na sequência é exibido o Filho 1 com as mesmas disciplinas invertidas sinalizadas em vermelho.

Filho 1 (Antes da mutação)

11	30	31	24	24	25	27	27	30	21	25
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Filho 1 (Depois da mutação)

11	30	27	24	24	25	27	31	30	21	25
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Figura 8: Exemplo de mutação. Fonte: Autor.

Após a população ser submetida aos operadores genéticos, uma nova população surge contendo novos indivíduos e uma determinada quantidade de indivíduos selecionados a partir da técnica de elitismo, são mantidos na nova população de acordo com um parâmetro cadastrado previamente pelo usuário. A execução do AG finaliza, quando o melhor indivíduo é encontrado ou até atingir o número máximo de gerações, o número de gerações foi estabelecido empiricamente com base na melhoria dos resultados de acordo com testes realizados. O indivíduo com o maior *fitness* encontrado na última geração, será a grade horária considerada para solução do problema e também a grade apresentada ao usuário, deste modo, sempre será selecionada a melhor grade horária encontrada, mesmo que não seja a ótima, será a melhor encontrada até o final da execução do AG. A Figura 9 mostra a tela de uma grade horária gerada pelo sistema.

Segunda - Feira	Terça - Feira	Quarta - Feira	Quinta - Feira	Sexta - Feira
C. Ger.Gerenc. Cláudio Cheli Lotufo	Comport. Organiz. José Francisco Nogueira Neto Restrições Q.: (PE)	C. Ger.Gerenc. Cláudio Cheli Lotufo	Mat. Aplicada Barbara Lopes Macedo	Comunicação e Expressão II Lígia Maria Pereira de Pádua Xavier
C. Ger.Gerenc. Cláudio Cheli Lotufo	Comport. Organiz. José Francisco Nogueira Neto Restrições Q.: (PE)	C. Ger.Gerenc. Cláudio Cheli Lotufo	Mat. Aplicada Barbara Lopes Macedo	Comunicação e Expressão II Lígia Maria Pereira de Pádua Xavier
Teoria Adm. Rodrigo Duarte Sollani Restrições Q.: (PE)	Humanidades II Rodrigo dos Santos	Inform. Apl. Adm II Antônio Augusto Aguiar	Mat. Aplicada Barbara Lopes Macedo	Teoria Adm. Rodrigo Duarte Sollani
Teoria Adm. Rodrigo Duarte Sollani Restrições Q.: (PE)	Humanidades II Rodrigo dos Santos	Inform. Apl. Adm II Antônio Augusto Aguiar	Mat. Aplicada Barbara Lopes Macedo	Teoria Adm. Rodrigo Duarte Sollani

Legenda das Restrições:
PI - Professor indisponível no dia em questão
CP - Colisão do professor
PE - Professor de outra cidade lecionando apenas duas aulas/dia

Figura 9: Grade horária gerada pelo sistema. Fonte: Autor.

5. Testes e Resultados

A colaboradora responsável pela geração das grades horárias do Unifafibe, disponibilizou todas as informações necessárias para a geração da grade horária, como os cursos, disciplinas, professores, disponibilidade de

professores, entre outras informações. As informações fornecidas são referentes a grade horária gerada no semestre atual e foram úteis para serem realizados testes com um cenário do mundo real, podendo assim comparar de forma qualitativa os resultados da grade horária já existente.

Os parâmetros do algoritmo genético (tamanho da população, quantidade de gerações, taxa de cruzamento, pontos de cortes do cruzamento, taxa de mutação e quantidade de elitismo) definidos para os testes, foram levados em consideração a quantidade de informações da grade horária e recursos computacionais disponíveis. Os testes foram realizados com base nos cursos de Sistemas de Informações e Administração do Unifafibe, totalizando 54 disciplinas sendo elas 4 germinadas, 29 professores sendo que 15 deles não moram em bebedouro. Foi definida uma população inicial de 3000 indivíduos e um mínimo de 3000 gerações, ambos os parâmetros definidos empiricamente.

Os testes foram executados em um Intel Core i5 2.50 GHz com 4 GB de memória RAM, o tempo médio de cada execução foi em torno de 29 minutos com populações de 3000 a 8000 indivíduos obtendo resultados interessantes. Os testes realizados com uma população de 10000 indivíduos, tiveram resultados melhores, pois houve uma melhora na quantidade de indisponibilidade dos professores. Na Figura 10 é possível observar os resultados dos testes realizados na ferramenta de geração da grade horária.

Tamanho da População	Número de gerações	Quantidade de elitismo	Taxa de Crossover	Taxa de Mutação	Colisão de Professores (Média)	Professores Estrangeiros (Média)	Pro índice (T)
3000	3000	0	0.95	0.30	0	4	
3000	3000	0	0.90	0.35	0	3	
5000	3000	0	0.90	0.40	0	4	
5000	3000	0	0.85	0.45	0	3	
8000	3000	0	0.90	0.45	0	3	
8000	3000	0	0.80	0.35	0	3	
8000	3000	1	0.95	0.45	0	3	
8000	3000	1	0.90	0.35	0	3	
10000	3000	1	0.90	0.45	0	3	

Figura 10: Resultados obtidos nos testes. Fonte: Autor.

6. Considerações Finais

É escasso no mercado ferramentas de geração de grade horária que satisfaça as necessidades por completo de instituição de ensino superior. Por isso, se faz necessário a criação ou adaptação de ferramentas computacionais para suprir essa necessidade. A ferramenta desenvolvida no presente trabalho apresentou resultados satisfatórios, apesar de ter sido utilizados somente dois cursos, foram alcançados resultados com qualidade e em um tempo relativamente curto, em comparação ao trabalho manual de um ser humano, portanto sua utilização é viável em uma instituição de ensino superior. Como trabalhos futuros seria indicado a criação de uma interface gráfica disponibilizada na internet. Dessa forma, o esforço de cadastro de informações no sistema ficaria distribuído e não concentrado em apenas uma pessoa. Outra sugestão válida seria utilizar outros modelos de operadores genéticos, como a seleção por roleta viciada, entre outros operadores, bem como a adaptação dinâmica de parâmetros do AG com base nas informações da população corrente.

Referências

- Alves, W. J. B. (2008) "Identificação de Pessoas através de Algoritmos Genéticos aplicado em medidas das Proporções Áureas da Face Humana". São Carlos.
- Borges, Suzan Kelly. (2003) "Resolução de timetabling utilizando algoritmos genéticos e evolução cooperativa". Curitiba.
- Braz Júnior, Osmar de Oliveira. (2000) "Otimização de horários em instituições de ensino superior através de algoritmos genéticos". Santa Catarina.
- Braga, Antônio de Pádua. (2007) "Redes neurais artificiais: teoria e aplicações". 2. ed. Rio de Janeiro.
- BELLMAN, R. E. An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think. Boyd&Fraser Pub. Co., 1978. Disponível em: <http://books.google.com.au/books?id=g9AO65QphqIC>.
- BURKE, E. K.; PETROVIC, S. Recent research directions in automated timetabling. European Journal of Operational Research, v. 140, n. 2, p. 266 – 280, 2002. ISSN 0377-2217.
- BUCCO, Guilherme Brandelli; BORNIA-POULSEN, Camilo José; BANDEIRA, Denise Lindstrom. Desenvolvimento de um modelo de programação linear para o Problema da Construção de Grades Horárias em Universidades. Gest. Prod., São Carlos, v. 24, n. 1, p. 40-49, abr. 2017.
- Castro, Rodrigo Evangelista. (2001) "Otimização de estruturas com multi-objetivos via algoritmos genéticos". Rio de Janeiro.
- CORMEN, Thomas H.; LEISERSON, Charles E.; RIVEST, Ronald L.; STEIN, Clifford. Introduction to Algorithms, 3rd edition. The MIT Press, 2009.

Freitas, J. G. (2012) “Computação Evolutiva Aplicada ao Problema da Geração de Grade Horária: o Caso do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do IFTM”. Uberlândia.

FUCILINI, T. A. P.; LODI, M. L.; REBONATTO, M. T. Timetabling com algoritmos genéticos paralelos. In: 9ª Escola Regional de Alto Desempenho (ERAD 2009).

Liden, Ricardo. (2012) “Algoritmos Genéticos”. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda.

Lobo, Eduardo Luiz Miranda. (2005) “Uma solução do problema de Horário escolar via algoritmo Genético paralelo”. Belo Horizonte.

Mitchell, M. (1998). “An introduction to genetic algorithms”. MIT press.

MOREIRA, Cláudia Maria da Rocha - Aplicação da OCL à especificação do problema de elaboração de horários. Lisboa: ISCTE, 2011. Dissertação de mestrado. Disponível em [www:<http://hdl.handle.net/10071/2800>](http://hdl.handle.net/10071/2800).

PINHEIRO, P. R.; OLIVEIRA, J. A. Um ambiente de apoio a construção de horário escolar na WEB: modelagem implementação e aplicação nas escolas de ensino médio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, XXXIII, Campos do Jordão-SP. 2001.

ROSS, P.; FANG, H.; CORNE, D Departamento de IA Universidade de Edinburgh, 80 South Brige, Edinburgh EH ÍHN, Scotland Fast Praticai EvolutionaryTimetabling, 2000.

RIBEIRO FILHO, G. Melhoramentos no algoritmo genético construtivo e novas aplicações em problemas de agrupamento. 2001. 129 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

SCHAERF, A. A Survey of Automated Timetabling. In: CENTRUM voorWiskundleemInformatica (CWI). Report CS-R9567. Amsterdam, 1995.

SCHAERF, A. A survey of automated timetabling. Artificial Intelligence Review, (13), 1999.

SCHAERF, A. A survey of automated timetabling. Artificial Intelligence Review, Springer Netherlands, v. 13, p. 87–127, 1999. ISSN 0269-2821. 10.1023/A:1006576209967. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006576209967>.

SIPSER, M. Introduction to the Theory of Computation. 3. ed. [S.I.]: Course Technology, 2012. ISBN 113318779X.

SOUZA, M.J.F. Programação de horários em escolas: uma aproximação por metaheurísticas. Rio de Janeiro: 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SOBREIRA NETTO, Francisco. Aplicação de Algoritmos Genéticos na Elaboração de Horários Escolares: o estudo do caso Inteliway. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 35, 2011. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ENANPAD, 2011.

Tanomaru, Julio. (1995) “Motivação, fundamentos e aplicações de algoritmos genéticos”. II Congresso Brasileiro de Redes Neurais, Curitiba.

Timóteo, G. T. S. (2002) “Desenvolvimento de um algoritmo genético para a resolução de timetabling”. Lavras.