

COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA APLICADA AO PROBLEMA DE PRODUÇÃO DE GRADE HORÁRIA: O CASO DO CURSO DE ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DO IFTM

Jairo Gervásio de Freitas, Keiji Yamanaka

jairo@iftm.edu.br, keiji@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia - MG

Resumo – A elaboração de grade de horários em instituições de ensino no início de um período letivo é um processo complexo e demorado para os coordenadores de curso ou responsáveis, pois deve atender várias necessidades dos envolvidos. Outro fator que dificulta o processo é que o número de possibilidades de grades horárias é praticamente infinito. Para auxiliar esse processo, realizado manualmente em grande parte das instituições, o presente trabalho tem como objetivo, utilizar o conceito de algoritmos genéticos para construir um sistema que possa gerar rapidamente uma grade horária que atenda às particularidades do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus Uberaba.

Palavras-Chave – Computação Evolutiva, Algoritmos Genéticos, Problema de Geração de Grades Horárias, Otimização de Sistemas.

EVOLUTIONARY COMPUTATION APPLIED TO THE TIMETABLING PROBLEM: THE CASE OF THE SYSTEMS ANALYSIS AND DEVELOPMENT COURSE OF IFTM

Abstract - The development of timetable in educational institutions at the beginning of a semester is a complex and lengthy process for course coordinators or responsible, for it must meet various needs of those involved. Another factor that complicates the process is that the number of possible timetable is practically infinite. To assist this process performed manually in most institutions, this paper aims at using the concept of genetic algorithms to build a system that can quickly generate a timetable that meets the particular course of Systems Analysis and Development of the Federal Institute of Triangle Mineiro, college Uberaba

Keywords – Evolutionary Computation, Genetic Algorithms, Timetabling Problem, Systems Optimization

I. INTRODUÇÃO

O problema da elaboração de uma grade de horários em instituições de ensino é antigo. Todo início de período letivo, coordenadores de curso gastam muito tempo tentando

elaborar uma grade de horários que atenda as necessidades de professores, disponibilidade de espaço físico, de recursos, dentre outros.

Pior situação acontece quando existe uma necessidade de uma alteração nos requisitos após todo esse trabalho, como por exemplo, uma mudança na disponibilidade de um professor. Nesse caso, poderá ser necessário que toda a grade horária que foi gerada tenha que ser alterada, ocasionando um retrabalho.

Em grande parte das instituições de ensino, a geração de grades horárias é realizada manualmente, o que vem a tornar esse processo custoso e sujeito a falhas [1]. Também é importante destacar que o tempo gasto durante o processo é considerável porque é necessário respeitar um grande conjunto de restrições para que o horário obtido satisfaça as necessidades dos envolvidos: os professores e a instituição [2].

A partir da grande demanda de tempo destinada a essa tarefa, surgiu a necessidade de se automatizar o processo de geração de horários de uma instituição de ensino.

Com o passar dos anos, foram criadas várias alternativas para tentar solucionar esse problema através de sistemas computacionais. Porém, a automatização de um sistema para este fim é um problema computacional difícil, sem solução algorítmica trivial [3].

Existem várias restrições que influenciam esse processo como professores que trabalham em outros cursos ou outras instituições, preferência do professor por horários e dias específicos de trabalho, disponibilidade das salas de aula e laboratórios da instituição, o possível conflito entre o mesmo professor em duas turmas no mesmo horário, melhor organização de janelas nos horários de uma turma, dentre outros.

As restrições possuem graus de relevância, sendo que restrições de alto grau, também chamadas de restrições obrigatórias, podem invalidar uma solução, enquanto aquelas restrições de baixo grau, chamadas de restrições desejáveis, não invalidam uma solução, porém, afetam o seu desempenho [4].

No problema tratado nesse artigo, o espaço de busca da grade de horários ideal é praticamente infinito, dado que o número de combinações turma/sala/horário é proporcional ao fatorial do número de turmas e salas [5]. Quando impomos restrições, sejam elas obrigatórias ou desejáveis, o problema se complica ainda mais, adquirindo um caráter NP-Completo. Para encontrar a melhor solução (alocação ótima) para este tipo de problema se deve testar todos os arranjos possíveis, mas isso se torna extremamente complexo quando o número de estados aumenta [6].

Problemas cujos algoritmos são extraordinariamente lentos (problemas NP-Completo) ou incapazes de obter solução ideal devem ser tratados através da utilização de algoritmos evolucionários [5]. Os algoritmos genéticos são um ramo dos algoritmos evolucionários e como tal podem ser definidos como uma técnica de busca baseada numa metáfora do processo biológico de evolução natural.

Existem algumas ferramentas comerciais que prometem a geração automatizada de grades de horários, entretanto, sua utilização é pouco freqüente uma vez que este tipo de problema incorre em necessidades específicas de um determinado curso, em detrimento das soluções genéricas existentes [3]. Afinal, cada instituição de ensino cria a sua grade horária baseada em suas próprias características, que são diferentes de outra instituição. Sendo assim, é complicado criar uma solução computacional genérica que possa atender todas as instituições. O sistema descrito nesse trabalho analisou as particularidades do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM).

II. DEFINIÇÕES

A. Algoritmos Genéticos

Uma das áreas da computação que mais atrai a atenção de estudantes e pesquisadores é a inteligência artificial. Pode-se definir a inteligência artificial como a área de pesquisa da Ciência da Computação e da Engenharia da Computação, dedicada a encontrar métodos ou dispositivos computacionais que possuam ou simulem a capacidade racional de resolver problemas, pensar ou, de forma ampla, ser inteligente [9].

Dentro da IA, uma das técnicas existentes para busca de soluções que mais se destaca é o Algoritmo Genético. Os Algoritmos Genéticos tem origem no trabalho do americano John Henry Holland, na década de 60, eles se baseiam nos conceitos da teoria de evolução das espécies, proposta por Charles Darwin em 1859 [10].

Os Algoritmos Genéticos são uma técnica de busca baseada numa metáfora do processo biológico de evolução natural [5]. São extremamente eficientes no seu objetivo de varrer o espaço de soluções e encontrar soluções próximas da solução ótima, quase sem necessitar de interferência humana. Os AG são programas de computador, que são desenvolvidos para tratar problemas, em geral, de otimização de funções e estruturas ou processos que dependem de um número grande de variáveis, tornando inviável a utilização dos métodos convencionais [6].

B. Estrutura de um Algoritmo Genético

A estrutura básica de um algoritmo genético é mostrada na figura 1:

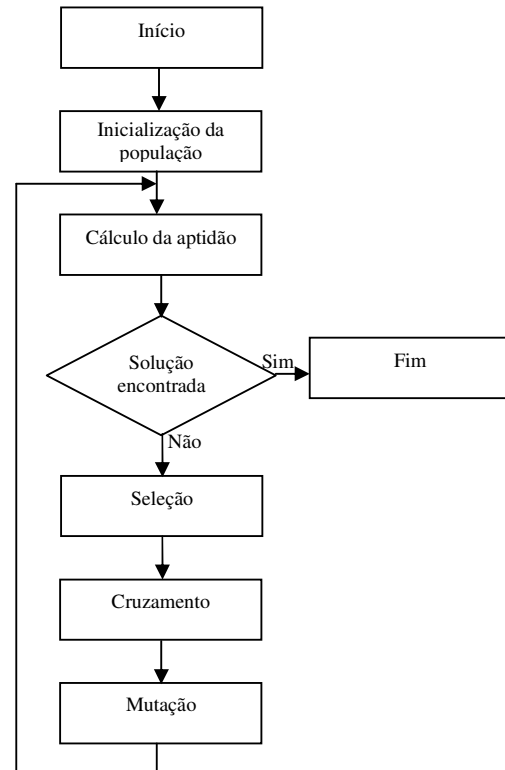


Fig. 1. Estrutura de um Algoritmo Genético

Na primeira fase do AG, a inicialização da população, é criada e armazenada uma quantidade x de alternativas aleatórias para a solução do problema. A cada uma dessas alternativas se dá o nome de indivíduo, enquanto ao conjunto de alternativas geradas é dado o nome de população. Cada um desses indivíduos representa uma possível solução para o problema. A quantidade de indivíduos da população é definida antes execução do AG.

A inicialização da população, na maioria dos trabalhos feitos na área, é feita da forma mais simples possível, fazendo-se uma escolha aleatória independente para cada indivíduo da população inicial [5].

Pode-se destacar também que, nesse momento, foi criada a primeira geração da população. Uma nova geração será criada após os processos de cálculo de aptidão, seleção, cruzamento e mutação. Outro parâmetro que se deve definir antes da execução do AG é a quantidade de gerações que será trabalhada.

Após a geração da população inicial, cada um dos indivíduos é analisado segundo os critérios pré-estabelecidos para verificar se atende ou não a solução do problema. Dá-se o nome de função de aptidão ou de avaliação à função que verifica a qualidade de um indivíduo como solução do problema proposto. Caso a solução do problema seja encontrada, a execução do AG pode ser interrompida. Caso ela não seja, passa-se para a próxima fase, que é a seleção.

A função de avaliação é a maneira utilizada pelo AG para determinar a qualidade de um indivíduo como solução do problema. Portanto, a função de avaliação deve ser escolhida com grande cuidado [5]. Ela deve embutir todo o conhecimento sobre o problema a ser resolvido, tanto suas restrições quanto seus objetivos de qualidade.

O método de seleção de pais deve simular o mecanismo de seleção natural que atua sobre as espécies biológicas, em que os pais mais capazes geram mais filhos, ao mesmo tempo em que permite que os pais menos aptos também gerem descendentes [5].

A seleção deve ser feita de tal forma que os indivíduos mais aptos sejam selecionados mais frequentemente do que aqueles menos aptos para passarem pelos operadores genéticos, de forma que as boas características deles passem a predominar dentro da nova população de soluções [5]. De forma alguma, os indivíduos menos aptos têm que ser descartados da população reprodutora. Isto causaria uma rápida convergência genética de todas as soluções para um mesmo conjunto de características e evitaria uma busca mais ampla pelo espaço de soluções. A convergência genética se traduz em uma população com baixa diversidade genética que, por possuir genes similares, não consegue evoluir, a não ser pela ocorrência de mutações aleatórias positivas.

Existem diversos métodos para a seleção dos indivíduos que participarão dos próximos processos do algoritmo genético.

No método da roleta, todos os indivíduos de uma população são avaliados pela função de aptidão, e o resultado dessa avaliação é usado como abertura angular em uma roleta [7]. Sendo assim, indivíduos com maior aptidão teriam um grande ângulo nessa roleta, enquanto indivíduos com menor aptidão teriam ângulos cada vez menores, fazendo com que aqueles que tivessem um maior ângulo, tivessem conseqüentemente uma maior possibilidade de serem selecionados para a roleta. Após a roleta estar montada, a seleção dos pais é feita através de um sorteio aleatório de um elemento na roleta.

O método do torneio consiste em selecionar uma série de indivíduos da população e fazer com que eles entrem em competição direta pelo direito de ser pai, usando como arma a sua avaliação [5]. Vários indivíduos são selecionados aleatoriamente dentro da população para competir. Uma vez definido os competidores, o que possuir a melhor avaliação é selecionado para a aplicação do operador genético.

O modelo de seleção elitista normalmente é acoplado a outros métodos de seleção, na tentativa de se aumentar a velocidade de convergência do algoritmo genético, bem como em aplicações nas quais possa ser necessário o seu emprego isoladamente [8]. O objetivo dessa técnica é garantir que os melhores indivíduos sejam preservados e estejam presentes sempre na próxima geração, garantindo também que esses indivíduos sempre possam gerar descendentes, que podem ser até melhores que os pais. Essa técnica também garante que o indivíduo localizado com melhor aptidão em qualquer geração esteja presente na última geração.

Depois de realizada a seleção, as próximas etapas são os operadores de cruzamento e mutação. O princípio básico dos operadores genéticos de cruzamento e mutação é transformar a população através de sucessivas gerações, estendendo a busca até chegar a um resultado satisfatório [8]. Os operadores genéticos são necessários para que a população se diversifique e mantenha características de adaptação adquiridas pelas gerações anteriores.

O cruzamento é o processo realizado para que dois indivíduos selecionados no passo anterior possam gerar descendentes, ou seja, novos indivíduos que possam atender melhor a solução do problema. Caso a função de aptidão tenha sido corretamente definida e a seleção tenha sido efetuada de maneira correta, a tendência é que a cada geração, os indivíduos criados sejam melhores que a geração anterior, perpetuando e intensificando as características que tendem a solucionar o problema. Esses princípios são similares aos princípios defendidos pela teoria de Charles Darwin, segundo a qual, a seleção natural privilegia os indivíduos maior aptidão, com características mais propícias a sobrevivência no meio, conseqüentemente, com maior probabilidade de reprodução e com mais probabilidade de perpetuar seu código genético para as próximas gerações. Essas características mais propícias tendem a estar mais presentes nas próximas gerações, enquanto características menos propícias tendem a desaparecer aos poucos nas próximas gerações.

Em uma implementação de um AG, para que um cruzamento seja efetuado, é necessário que seja definida uma probabilidade de cruzamento, geralmente definida através de um número real entre 0 e 1. Para se definir se o cruzamento será efetuado ou não, deve-se sortear aleatoriamente um outro número real entre 0 e 1 e, caso esse número seja menor ou igual a possibilidade de cruzamento, o cruzamento será efetuado. Geralmente se trabalha com um valor alto para a probabilidade de cruzamento. Existem várias maneiras de efetuar o cruzamento dos elementos selecionados e a maneira correta depende da natureza dos dados envolvidos no problema.

A próxima etapa da estrutura de um AG é a mutação. Na implementação da operação de mutação, assim como na operação de cruzamento, deverá ser definido uma probabilidade de mutação, através de processo idêntico ao da operação anterior. Porém nesse caso, costuma-se definir um valor baixo para a probabilidade de mutação.

A mutação ocorre para que alguns filhos possam ter características que não foram herdadas diretamente dos seus pais, garantindo assim uma maior diversidade na população gerada. A mutação é geralmente vista como um operador de *'background'*, responsável pela introdução e manutenção da diversidade genética na população [8]. Esta operação simplesmente modifica aleatoriamente alguma característica de um ou mais genes do cromossomo sobre o qual é aplicada. Esta troca é importante, pois acaba por criar novos valores de características que não existiam, ou apareciam em pequena quantidade na população em análise. Existem várias maneiras de se efetuar a operação de mutação e a maneira escolhida também depende da natureza dos dados do problema.

Após serem efetuadas todas as operações, será calculado novamente o valor da aptidão de todos os indivíduos da população da nova geração. Após esse cálculo, poderá ser verificado se algum dos indivíduos gerados atende a solução do problema para que o AG possa ser encerrado. Não é obrigatório que o algoritmo só seja encerrado quando se encontrar uma solução que atenda 100% ao problema, pode-se optar por encerrar o algoritmo quando, por exemplo, uma determinada quantidade de gerações já tenha sido percorrida.

Nesse caso, o indivíduo gerado até aquele momento, que melhor atender ao problema proposto será reconhecido como solução do AG.

É importante salientar que algoritmos genéticos são técnicas probabilísticas, e não técnicas determinísticas [5]. Assim sendo, um Algoritmo Genético com a mesma população inicial e o mesmo conjunto de parâmetros pode encontrar soluções diferentes cada vez que é executado.

III. IMPLEMENTAÇÃO

A. Estrutura de um Algoritmo Genético

Para se implementar a aplicação proposta foi definido como ambiente de programação, o Borland Delphi 7, pois é uma ferramenta com a qual é possível desenvolver facilmente aplicações com uma interface gráfica simples e intuitiva para o usuário. Foi utilizado como sistema gerenciador de banco de dados, o Firebird 1.5.

Antes da execução do Algoritmo Genético, deve-se preocupar com a maneira como será realizada a codificação da informação que se vai trabalhar nos cromossomos. Deve-se modelar o problema que será trabalhado para se encontrar qual é a melhor estrutura para se representar cada cromossomo que será manipulado do AG. Quanto mais a representação for adequada ao problema, maior a qualidade dos resultados obtidos. No caso do sistema para geração de grade horária, optou-se por armazenar as informações em uma estrutura do tipo Matriz com duas dimensões. Uma dimensão armazena o período e outra armazena o horário semanal. Em cada posição da matriz, é armazenada a disciplina que corresponde àquele período naquele horário. Cada indivíduo é representado por uma matriz e pode ser melhor entendido através da figura 2. Quando se fala da população, pode-se dizer que a população é uma matriz de três dimensões.

Período	Segunda	...	Sexta
1º	1 2 3 4 5	...	21 22 23 24 25
2º	1 2 3 4 5	...	21 22 23 24 25
3º	1 2 3 4 5	...	21 22 23 24 25
4º	1 2 3 4 5	...	21 22 23 24 25
5º	1 2 3 4 5	...	21 22 23 24 25
6º	1 2 3 4 5	...	21 22 23 24 25

Fig. 2. Representação de uma grade horária

B. Inicialização da população

Ao se inicializar a população, é gerada uma quantidade de grades horárias de acordo com os parâmetros do sistema. A configuração dos parâmetros é demonstrada pela figura 3 abaixo.

Fig. 3. Tela de parâmetros do sistema

As grades horárias da população inicial são geradas aleatoriamente de acordo com as informações cadastradas no sistema. Cada indivíduo gerado representa uma possível solução para o problema. Pode-se influenciar o nível de aleatoriedade da população inicial, configurando-se a opção Forçar Horário Duplo. Com essa opção, caso o professor tenha optado por lecionar horários duplos ou triplos, as grades horárias iniciais serão criadas considerando essa restrição.

C. Cálculo da Aptidão dos Indivíduos

Para se efetuar o cálculo da aptidão dos indivíduos é levado em conta o cadastro realizado previamente no sistema. Nele, para cada professor foi cadastrada sua disponibilidade de ministrar aula em cada um dos horários semanais, sua preferência por ministrar aulas individuais, duplas ou triplas para cada disciplina, a obrigatoriedade de uma disciplina ter que ser ministrada em um horário específico, entre outros. Para o cálculo da aptidão de cada indivíduo, se trabalha com o somatório de valores a título de bônus e penalidade a um valor de aptidão inicial. O valor de aptidão inicial é necessário para que o valor da aptidão nunca seja negativo após somarem-se os bônus e penalidades do indivíduo. Quando se atende uma restrição, se ganha um valor de bônus, que é somado ao valor da aptidão de um indivíduo. Quando não se atende uma restrição, tem-se uma penalidade, que é subtraída ao valor da aptidão. Os valores dos bônus e penalidades são definidos de acordo com o nível de importância associado. Restrições obrigatórias quando violadas acarretam um alto valor de penalidade, enquanto restrições desejáveis quando violadas acarretam um menor valor de penalidade. Alguns dos bônus e penalidades contemplados pelo sistema e seus respectivos pesos estão mostrados na tabela I abaixo.

TABELA I
Bônus e Penalidades atribuídos nos sistema

Restrição	Bônus / Penalidade	Peso
Professor indisponível no horário	Penalidade	Alta
Professor dar aula em dois lugares ao mesmo tempo	Penalidade	Alta
Disciplina ministrada em horários não consecutivos	Penalidade	Média
Disciplina ministrada em mais de 3 horários por dia	Penalidade	Média
Professor não quer ministrar aula no horário	Penalidade	Média
Ocorrência de janelas	Penalidade	Pequena
Professor dar aula em horário duplo ou triplo, quando indicado	Bônus	Médio
Professor ministrar várias aulas no mesmo dia	Bônus	Médio
Professor dar aulas em horários disponíveis	Bônus	Pequeno

D. Seleção

O sistema trabalha com mais de um tipo de seleção para os pais que passarão pelos operadores genéticos. Na tela de configuração de parâmetros, pode-se optar por trabalhar com seleção via roleta ou torneio.

Para se trabalhar com a roleta, é importantíssimo observar a questão de se somar uma constante ao valor da aptidão para evitar que seja possível encontrar um valor de aptidão negativo para qualquer indivíduo, fato que faria que a roleta fosse montada de maneira errada, fazendo com que não houvesse proporcionalidade correta para cada espaço da roleta, comprometendo todo o restante do Algoritmo Genético.

Quando se trabalha com o torneio, é importante destacar que são selecionados aleatoriamente três indivíduos para a disputa de cada lugar para se submeter aos operadores genéticos. Primeiramente, são selecionados três indivíduos e escolhido o primeiro indivíduo para o cruzamento. Depois são selecionados novamente três indivíduos e escolhido o segundo indivíduo para a etapa de cruzamento.

O sistema também trabalha com elitismo, fazendo com que o melhor indivíduo até então encontrado seja sempre mantido na próxima geração, fazendo com que suas características sejam passadas adiante e haja sempre a possibilidade de que ele possa gerar descendentes ainda melhores nas próximas gerações.

E. Cruzamento

Nessa operação, os pais selecionados na etapa anterior são submetidos ao cruzamento, caso seja satisfeita a condição da taxa de cruzamento escolhida pelo usuário no início da execução do AG.

Na tela de configuração dos parâmetros, também se pode optar por trabalhar com o cruzamento com um ou com dois pontos. Independente do método escolhido, o processo para cruzamento é bastante similar. Os dois indivíduos que passarão pelo processo de cruzamento são chamados de pais, enquanto os dois indivíduos gerados pelo cruzamento são chamados de filhos. No cruzamento em um só ponto, um ponto aleatório é escolhido como ponto de cruzamento. Trabalha-se com cada período letivo individualmente. As disciplinas do primeiro pai do primeiro ponto até o ponto de cruzamento são copiadas do primeiro pai para o primeiro filho. As demais disciplinas a partir desse ponto serão copiadas do segundo pai. Esse processo é efetuado para cada período. Para a formação do segundo filho, executa-se o mesmo processo apenas substituindo o primeiro pai pelo segundo pai e vice-versa. No cruzamento de dois pontos, dois pontos aleatórios são selecionados e serão trocadas as disciplinas entre esses dois pontos em cada período. O primeiro filho será composto pela parte entre os dois pontos de cruzamento do segundo pai e pelo restante do primeiro pai. O segundo filho será composto pela parte entre os dois pontos do primeiro pai e as demais partes do segundo pai. Esse processo é executado para cada um dos períodos da grade horária.

É importante se preocupar com a maneira como essa troca de disciplinas entre as grades será efetuada, pois caso contrário, poderá ser gerada uma grade horária incompatível, ou seja, com uma quantidade de aulas de cada disciplina diferente da que está cadastrada no sistema. Por exemplo, foi cadastrado no sistema que existem quatro aulas semanais de uma disciplina X. Os dois indivíduos que passarão pelo processo de cruzamento estarão com quatro aulas dessa disciplina X, porém dependendo das posições na grade horária onde essas disciplinas estiverem alocadas e do ponto

de cruzamento que for escolhido, cada um dos dois indivíduos gerados pelo cruzamento poderá ficar com mais ou com menos de quatro horários semanais dessa disciplina X.

Para impedir a geração de grades horárias incompatíveis, devem ser trocadas de local apenas as disciplinas que estiverem presentes nos dois pais, dentro do intervalo de cruzamento. Ou seja, deve ser selecionada a primeira disciplina após o ponto de cruzamento no primeiro pai. Deve-se procurar se essa disciplina está presente no segundo pai em uma posição após o ponto de cruzamento, caso esteja, ela estará localizada em uma posição X do segundo pai. Essa disciplina deverá então ser copiada para o primeiro filho para a posição X. Esse processo de busca das disciplinas do primeiro pai no segundo pai deve ser efetuado até a última posição do primeiro pai, se for um cruzamento de um só ponto ou até o segundo ponto de cruzamento se for um cruzamento de dois pontos. É importante destacar também que, caso hajam disciplinas cadastradas no sistema como obrigatórias em determinado horário, esses horários não serão envolvidos no cruzamento, sendo apenas copiados para os filhos.

Após esse passo, devem-se preencher as posições faltantes, ou seja, preencher as disciplinas presentes no primeiro pai no intervalo de cruzamento, mas que não estão presentes no segundo pai nesse mesmo intervalo. Essas disciplinas serão copiadas para o primeiro filho seqüencialmente em cada espaço que ainda não recebeu nenhuma disciplina.

Esse processo deve ser seguido da mesma forma para a geração do segundo filho, trocando-se apenas o lugar do primeiro e do segundo pai.

O cruzamento deve ser efetuado período por período.

F. Mutação

Nessa operação, cada indivíduo gerado pelo processo de cruzamento poderá ter seu conteúdo alterado, caso seja satisfeita a condição da taxa de mutação escolhida pelo usuário no início da execução do AG.

No processo de mutação, são percorridos individualmente cada um dos períodos do indivíduo. Para cada período desse indivíduo, serão selecionadas duas posições. Essas duas posições terão o seu conteúdo trocado.

É importante destacar que elas só terão o seu conteúdo trocado, caso os conteúdos envolvidos não estejam marcados como obrigatórios naquela posição. Caso isso aconteça, é escolhida outra posição.

IV. RESULTADOS

Com base em várias simulações executadas, pode-se dizer que na medida em que foram criadas novas gerações de grades horárias, tanto o valor da função de aptidão da melhor grade horária, quanto o valor médio da função de aptidão das grades de uma geração, crescem. A figura 4 mostra um gráfico em que se pode visualizar o crescimento do valor médio da função de aptidão, comprovando assim a eficácia do AG, pois a cada geração vão sendo criadas grades horárias que melhor resolvem o problema desejado.

V. CONCLUSÕES

O trabalho propõe um sistema utilizando algoritmos genéticos capaz de solucionar um problema com restrições do mundo real. O estudo de caso apresenta a construção de um sistema gerador de grade horária que atenda a todas as restrições obrigatórias e que consiga atender também as restrições desejáveis do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba.

Para tanto, foi utilizada a técnica de Algoritmos Genéticos que se mostrou eficiente para este tipo de problema.

O sistema implementado é flexível e permite que sejam facilmente inseridas novas restrições ou alteradas as restrições já existentes, bastando para isso inserir as modificações necessárias através das janelas de interface correspondentes ou, ainda, executar uma alteração na função de aptidão do Algoritmo Genético.

Como trabalhos futuros, pretende-se estender a criação de grades horárias para todos os cursos da área de informática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. O. Francisco, I. N. Silva, “Estratégia de otimização baseada em sistemas inteligentes aplicada ao problema de geração de grades horárias”, *10th Brazilian Congress on Computational Intelligence*, November 2011.
- [2] C. C. Freitas, P. R. B. Guimarães, M. C. M. Neto, F. J. R. Barboza (2005), *Uma ferramenta baseada em algoritmos genéticos para a geração de tabela de horário escolar*. Acedido em: 04 de Abril de 2012, em: http://sites.google.com/site/manoelnetom/ArtigoERBAS_E_Full.Apresentado.pdf.
- [3] F. Vieira, H. Macedo, “Sistema de alocação de horários de cursos universitários: um estudo de caso no departamento de computação da Universidade Federal de Sergipe”, in *Revista Scientia Plena*, vol. 07, num. 03, Março de 2011.
- [4] Z. Wang, J. L. Liu, X. Yu, “Self-fertilization based genetic algorithm for university timetabling problem”, *1st ACM/SIGEVO Summit on Genetic and Evolutionary Computation*, June 2009.
- [5] R. Linden, *Algoritmos Genéticos*, Editora Ciência Moderna, 3ª Edição, Rio de Janeiro, 2012.
- [6] C. E. S. Santos (2005), *Algoritmo genético empregado na alocação de estados em máquinas markovianas*, Acedido em: 05 de Abril de 2012, em: http://www.dee.feis.unesp.br/pos/teses/arquivos/138-dissertacao_carlos_eduardo_silva_santos.pdf.
- [7] G. Bittencourt, *Inteligência artificial: ferramentas e teorias*, Editora da UFSC, Florianópolis, 2006.
- [8] E. L. M. Lobo (2005), *Uma solução do problema de horário escolar via algoritmo genético paralelo*, Acedido em: 31 de Março de 2012, em: <http://www.mmc.cetefmg.br/info/downloads/D006-EduardoLuizMirandaLobo2005.pdf>.
- [9] E. Rich, *Inteligência Artificial*, Makron Books, 2ª Edição, São Paulo, 1993.
- [10] M. R. Heinen, F. S. Osório, “Algoritmos genéticos aplicados ao problema de roteamento de veículos”, in *Revista Hifen*, vol. 30, num. 58, Novembro de 2006.

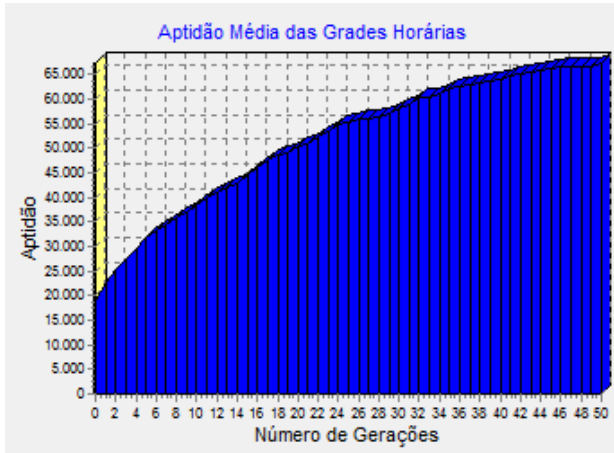


Fig. 4. Gráfico de evolução do valor médio de aptidão

Pode-se também visualizar, durante o processo de criação das grades horárias, a evolução das grades através de uma tela que mostra a atual melhor grade horária gerada. Nessa grade estão assinaladas as restrições obrigatórias e desejáveis cadastradas no sistema e que estão sendo violadas. A figura 5 abaixo mostra um exemplo de grade horária gerada pelo sistema. Nela, se pode verificar de vermelho, os horários nos quais os professores estão indisponíveis para ministrar aula. De verde estão assinalados os horários nos quais está ocorrendo conflito do mesmo professor ministrando aula em duas turmas diferentes ao mesmo tempo. De amarelo estão assinalados os horários nos quais os professores podem dar aula, porém não querem. De branco estão os horários que não estão violando nenhuma das restrições.

1º Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Seita	1º Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Seita
19:00	ALGOR -T	SI -P	ALGOR -P	PDI -P	ATIV -P	19:00	ADMBD -T	QUAL -T	PV -P	PP1 -T	PV -P
19:45	ALGOR -T	ALGOR -T	PRO -T	ATIV -P	PORT -T	19:45	ADMBD -T	PV -P	PV -P	PV -P	PP1 -T
20:30	ALGOR -T	ALGEB -T	PRO -T	PDI -P	ALGOR -P	20:30	ADMBD -P	RED -P	MF -T	PP1 -P	PP1 -T
21:30	ALGEB -T	PRO -T	ING -T	ALGOR -P	ALGOR -P	21:30	QUAL -T	RED -T	RED -T	ADMBD -P	PP1 -P
22:15	ALGEB -T	SI -P	ING -T	PORT -T	SI -T	22:15	RED -P	QUAL -T	RED -T	IMF -T	PP1 -P

2º Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Seita	2º Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Seita
19:00	FM -T	EMPR -T	ARG -T	ESTR -P	FM -T	19:00	PDM -P	DAW -T	SD -T	SD -T	TADS -T
19:45	ARG -T	EMPR -T	MCS -T	ESOF1 -T	FM -T	19:45	PDM -T	PDM -P	ADE -T	TADS -T	TADS -T
20:30	ARG -T	ESTR -T	ESTR -P	MDD -P	ESOF1 -T	20:30	DAW -T	PDM -T	IMPL -T	DAW -T	DAW -P
21:30	ESTR -T	MDD -P	FM -T	ARG -T	PROB -T	21:30	TADS -T	ADE -T	ADE -T	IMPL -T	SD -P
22:15	ESTR -T	PROB -T	FM -T	MDD -T	ESTR -P	22:15	TADS -T	IMPL -T	PDM -T	IMPL -P	PP1 -P

3º Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Seita	3º Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Seita
19:00	ESOF2 -T	BD -T	MD -T	PESQ -T	SD -T	19:00	SEG -T	SEG -P	PDM -T	GPS -T	COM -T
19:45	ESOF2 -T	BD -P	MD -T	PESQ -T	SD -P	19:45	SEG -T	SEG -P	NTC -T	COM -T	GPS -T
20:30	ESOF2 -T	PESQ -T	MD -T	BD -P	PESQ -P	20:30	SEG -T	MARK -T	MARK -T	GPS -T	COM -T
21:30	BD -T	POD -T	SD -T	PESQ -P	SD -P	21:30	NTC -T	COM -T	NTC -T	PDM -P	PDM -T
22:15	BD -T	POD -P	POD -P	POD -T	MD -T	22:15	PDM -T	MARK -T	GPS -T	NTC -T	PDM -P

Fig. 5. Grade horária provisória mostrada no sistema

Por último, pode ser gerado um relatório com a grade horária final gerada pelo sistema, que atende a todas as restrições impostas cadastradas. Nele, podem ser impressas as disciplinas alocadas para cada período em cada dia e quais os professores que as ministram. A figura 6 abaixo mostra um exemplo da grade horária gerada para o primeiro período.

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
19:00	ALGOR -T Emani Melo	SI -P Hugo Leonardo	ALGOR -P Emani Melo	PDI -P Alexandre Ribeiro	ATIV -P Paula Nakamoto
19:45	ALGOR -T Emani Melo	ALGOR -T Emani Melo	PRO -T Marcelo Ponciano	ATIV -P Paula Nakamoto	PORT -T Tamara
20:30	ALGOR -T Emani Melo	ALGEB -T José Ricardo	PRO -T Marcelo Ponciano	PDI -P Alexandre Ribeiro	ALGOR -P Emani Melo
21:30	ALGEB -T José Ricardo	PRO -T Marcelo Ponciano	ING -T Sandra Gardelari	ALGOR -P Emani Melo	ALGOR -P Emani Melo
22:15	ALGEB -T José Ricardo	SI -P Hugo Leonardo	ING -T Sandra Gardelari	PORT -T Tamara	SI -T Hugo Leonardo

Fig. 6. Grade horária gerada para o primeiro período