

PROPOSTA DE UM SISTEMA BASEADO EM COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA PARA O TRATAMENTO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE ESPAÇO FÍSICO: O CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Guilherme Palhares Theodoro, Igor Santos Peretta, Keiji Yamanaka
Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia-MG.
guipt@hotmail.com, iperetta@gmail.com, keiji@ufu.br

Resumo – O objetivo deste trabalho é propor a utilização de algoritmos genéticos (AG) para o problema de alocação de salas (PAS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Os dados de entrada consistem no conjunto de turmas alocadas no bloco 50-A no primeiro semestre de 2016. Um sistema foi desenvolvido para receber essas informações e processá-las até encontrar uma solução que não apresente choques de horário. O resultado da alocação de salas gerado pelo algoritmo genético foi comparado com o resultado da alocação feita manualmente, e comprovou-se que a utilização da técnica proposta é viável para o problema em questão.

Palavras-Chave – Algoritmos genéticos, problema de alocação de salas.

PROPOSAL OF AN EVOLUTIONARY COMPUTATION BASED SYSTEM FOR HANDLING THE SPACE ALLOCATION PROBLEM: THE CASE OF UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Abstract - The goal of this work is propose the use of genetic algorithms for the space allocation problem of Universidade Federal de Uberlândia. The input data consist in the set of classes allocated in the block 50-A in the first semester of 2016. A system was developed to receive that information and process them until find a solution that do not present schedule conflicts. The result of the space allocation of the genetic algorithm was compared with the result of the manual allocation and it was proved that the use of the proposed technique is viable for this problem.

Keywords – Genetic algorithm, space allocation problem.

NOMENCLATURA

AG Algoritmo Genético.
UFU Universidade Federal de Uberlândia
PAS Problema de Alocação de Salas

I. INTRODUÇÃO

Um problema comum na maior parte das instituições acadêmicas são as atividades relacionadas à alocação de espaço físico. A atividade consiste na distribuição de turmas para as devidas salas de aula atendendo a um conjunto de restrições e preferências. Para grandes instituições como a UFU, que possui milhares de turmas que devem ser alocadas a cada semestre letivo, a atividade de alocação de salas é altamente dispendiosa.

Devido à complexidade do problema, a resolução de forma manual pode ser ineficiente em função do não atendimento de todas as restrições e preferências. Além disso, a má alocação de salas pode causar insatisfação por parte da comunidade acadêmica [1].

O PAS segundo [2] é a distribuição de aulas para as devidas salas com horários previamente estabelecidos, respeitando-se uma série de restrições. Algumas restrições comuns do PAS são: garantir espaço físico e infraestrutura adequada das salas, acessibilidade para alunos e docentes entre outras. As restrições ou necessidade de recursos dificultam a distribuição de salas, portanto, a solução manual deste problema é um processo demorado que requer muitos dias de trabalho. Além disso, pode gerar transtornos para o início das aulas por falta de alocação, transferências, fluxo acentuado de alunos em deslocamento e alocações incorretas em relação à distância e tempo percorrido para acesso entre uma sala e outra.

Computacionalmente, essa atividade é um problema de análise combinatória que pertence à classe NP-difícil, o que na prática, pode inviabilizar sua resolução por processo manual ou por algoritmos exatos para grande volume de dados. Problemas com essas características possuem um espaço de soluções que cresce exponencialmente, não sendo possível encontrar uma solução ótima em tempo razoável. Nesses casos, uma alternativa viável é a resolução por meio de algoritmos genéticos, uma técnica de inteligência artificial capaz de encontrar boas soluções em grandes espaços de busca com um custo computacional adequado às necessidades da aplicação.

No decorrer deste trabalho, serão apresentadas as variáveis e restrições relativas ao PAS da UFU e como este problema foi interpretado para que um algoritmo genético possa encontrar uma solução aceitável.

Os dados de entrada para o AG consistem no conjunto de turmas alocadas no bloco 50-A no primeiro semestre de 2016. Nele foram alocadas 420 turmas distribuídas em 26 salas de aula.



XIV CEEL - ISSN 2178-8308
03 a 07 de Outubro de 2016
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

II. O CASO DE ALOCAÇÃO DE SALAS DA UFU

A Universidade Federal de Uberlândia, na cidade sede, possui 245 salas de aula disponíveis para alocação, elas estão distribuídas em 14 blocos diferentes. A cada semestre mais de 5000 turmas devem ser alocadas.

O processo de alocação de salas da UFU é realizado em todos os semestres letivos da instituição. Este processo é iniciado assim que a oferta de disciplinas para o próximo semestre é finalizada. Na oferta de disciplinas, cada coordenação de curso deve indicar as disciplinas que serão oferecidas para o próximo semestre. Para cada disciplina ofertada, as seguintes informações são associadas:

- Curso ofertante;
- Código e nome da disciplina;
- Período ideal (período no qual a disciplina se encontra no currículo do curso);
- Código da turma;
- Quantidade de vagas oferecidas;
- Dia da semana;
- Horário de realização;
- Data de início e fim do período;
- Necessidade de alocação de sala (SIM ou NÃO);
- Necessidade de utilização de pranchetas (SIM ou NÃO).

A alocação de salas é feita apenas para as salas em comum da universidade. Existem unidades acadêmicas que possuem suas próprias salas e laboratórios que podem ser utilizadas para as disciplinas ofertadas. Nesses casos, o campo necessidade de alocação de sala é definido como 'NÃO' enquanto nos outros é definido como 'SIM'.

Os objetivos alcançados no processo de alocação de salas são: privilegiar alunos e docentes com necessidades especiais, fazer a alocação de espaço físico por período de cada curso e tentar, ao máximo, alocar o curso todo em um só bloco, de modo que evite o deslocamento de alunos.

A relação de alunos e docentes com necessidades especiais é conhecida apenas a poucos dias para o início do próximo semestre. Portanto, é feito um ajuste da alocação já estabelecida para o semestre de modo que as aulas das disciplinas que possuam alunos ou docentes com necessidades especiais aconteçam em blocos com acessibilidade.

Devido ao conhecimento prévio do responsável pela alocação, já existe uma relação de quais cursos são direcionados para um determinado bloco. Essa relação foi construída levando em consideração o tamanho das turmas, os recursos disponíveis em cada bloco, a proximidade entre eles, além de outros fatores.

Munido da relação de cursos x blocos e da lista de disciplinas ofertadas por curso, a alocação de salas é feita escolhendo-se um bloco e preenchendo os horários disponíveis de forma que as disciplinas de um determinado período de um curso aconteçam na mesma sala.

III. IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO GENÉTICO

De acordo com [3], os algoritmos genéticos foram desenvolvidos por John Holland quando pesquisava sobre

sistemas artificiais complexos capazes de se adaptar a mudança das condições ambientais. A idéia era, para que uma população de indivíduos se adapte coletivamente em algum ambiente, ela deveria se comportar como um sistema natural onde a sobrevivência é promovida pela eliminação dos traços prejudiciais e pela recompensa por comportamento positivo. Holland abstraiu os mecanismos biológicos fundamentais no algoritmo genético, técnica que permite um sistema ser expresso matematicamente e simulado em computador para uma ampla gama de problemas.

A ligação entre o problema atual de busca e o algoritmo genético é o indivíduo. Cada indivíduo representa uma solução possível em um espaço de busca [3].

Um AG é um procedimento iterativo que possui os seguintes passos:

1. Criação da população inicial aleatoriamente ou heurísticamente;
2. Avaliação dos indivíduos da população atual a partir de uma função de avaliação;
3. Seleção dos indivíduos segundo sua avaliação;
4. Cruzamento entre os indivíduos selecionados para a geração de uma nova população;
5. Mutação dos novos indivíduos;
6. Se critério de parada satisfeito, a execução é finalizada, caso contrário, retorna-se ao passo 2.

Diversas técnicas podem ser empregadas para cada um dos passos de execução do AG. Nas seções subsequentes, serão descritas as técnicas utilizadas e as adaptações efetuadas para o problema abordado neste trabalho.

A. Representação do Indivíduo

Os indivíduos são representados por cromossomos que, por sua vez, são compostos por um conjunto de genes, os responsáveis pelo armazenamento de informações.

Para [4], a representação do cromossomo é fundamental para um AG. Basicamente, ela consiste em uma maneira de traduzir a informação do problema em uma maneira viável de ser tratada pelo computador. Quanto mais ela for adequada ao problema, maior a qualidade dos resultados obtidos.

A representação do indivíduo para o problema é feita através de um cromossomo com 420 genes, cada gene representando uma turma. Como apresentado na seção II, cada turma possui um conjunto de informações vinculadas a ela, essas informações são essenciais para a execução do AG.

Os valores que os genes podem assumir são os números de cada uma das 26 salas do bloco 50-A. A Figura 1 ilustra o conceito apresentado.

Dia semana	Dia semana		Dia semana	Dia semana
Horário início	Horário início		Horário início	Horário início
Horário fim	Horário fim		Horário fim	Horário fim
Data início	Data início		Data início	Data início
Data fim	Data fim		Data fim	Data fim
Vagas oferecidas	Vagas oferecidas		Vagas oferecidas	Vagas oferecidas
Utiliza prancheta	Utiliza prancheta		Utiliza prancheta	Utiliza prancheta
Turma 1		Turma 2		
50-A 200	50-A 200	...	50-A 206	50-A 206

Fig. 1. Representação do indivíduo.

Considerando os objetivos definidos para o processo de alocação manual, o de fazer a alocação de espaço físico por período de cada curso, é considerado uma restrição para o algoritmo genético. A maneira encontrada para tratar a restrição foi a de dividir o cromossomo em seções, de forma que cada seção represente o conjunto de turmas que devem ser alocadas em uma mesma sala.

Uma rotina foi criada para criar as seções automaticamente utilizando as informações de curso ofertante e período ideal. Além disso, é possível que o usuário da aplicação defina as seções da maneira que julgar necessário. Para os dados de entrada considerados, a rotina dividiu o cromossomo em 88 seções.

B. Inicialização da População

Na primeira etapa do AG, a inicialização da população, opções são criadas para a solução do problema. Cada opção é representada por um indivíduo e o conjunto dos indivíduos criados recebe o nome de população.

A inicialização da população para o problema em questão é feita de forma aleatória considerando as restrições do problema. Para cada cromossomo e para cada seção do cromossomo, uma sala é sorteada, se a sala sorteada não violar as restrições de vagas oferecidas e utilização de prancheta, então essa sala é atribuída a todas as turmas da seção, caso contrário o sorteio continua até encontrar uma sala adequada.

C. Função de Avaliação

Segundo [4], a função de avaliação (fitness) é a maneira utilizada pelos AGs para determinar a qualidade de um indivíduo como solução do problema em questão. A função de avaliação deve, portanto, ser escolhida com cuidado. Ela deve embutir todo o conhecimento que se possui sobre o problema a ser resolvido, tanto suas restrições quanto seus objetivos de qualidade.

Da forma como a inicialização da população é realizada, é inevitável que choques de horário (turmas alocadas na mesma sala, dia, horário e período de realização) não aconteçam. Portanto, os indivíduos serão avaliados pela quantidade de choques de horário que os mesmos possuem.

O objetivo do algoritmo genético é minimizar a quantidade choques até encontrar um indivíduo que não possua choques de horário, ou seja, que possui sua avaliação

igual à zero. A função de avaliação do indivíduo é descrita como:

$$\text{Avaliação} = \sum \text{Choques de horário} \quad (1)$$

D. Seleção

A seleção consiste na escolha dos indivíduos pertencentes à população atual que serão responsáveis pela produção da próxima geração. A avaliação do indivíduo determina a probabilidade de que o mesmo venha a ser escolhido.

Dentre as principais técnicas de seleção utilizadas destacam-se as técnicas de roleta e torneio. A técnica de torneio foi escolhida para ser utilizada neste trabalho.

O método do torneio consiste em selecionar, aleatoriamente, 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 [4].

Neste método, existe um parâmetro denominado tamanho do torneio (k) que define quantos indivíduos são selecionados aleatoriamente dentro da população para competir. Uma vez definidos os competidores, aquele dentre eles que possuir a melhor avaliação é selecionado para a aplicação do operador genético [4].

O valor mínimo de k é igual a 2, pois do contrário não haverá competição. Se for escolhido o valor igual ao tamanho da população n o vencedor será sempre o mesmo (o melhor indivíduo) e se forem escolhidos valores muito altos (próximos ao tamanho da população), os $n-k$ indivíduos tenderão a predominar, uma vez que sempre um deles será o vencedor do torneio [4].

A Figura 2 exemplifica o método de seleção por torneio.

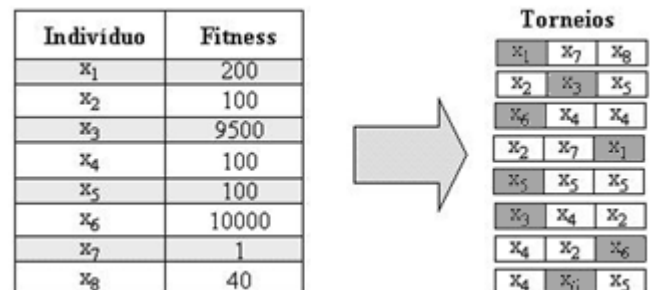


Fig.2. Método de seleção torneio [4].

Na Figura 2, o tamanho do torneio k é igual a 3, ao lado esquerdo estão os indivíduos e seus respectivos valores de avaliação, ao lado direito os oito torneios que aconteceram com os indivíduos ganhadores destacados na cor cinza.

E. Cruzamento

As operações de cruzamento e mutação transformam a população ao longo das gerações, estendendo a busca até chegar a um resultado satisfatório. As operações genéticas são necessárias para que a população se diversifique e mantenha as características de adaptação adquiridas pelas gerações anteriores.

Para todas as formas de cruzamento, é necessário definir uma taxa de cruzamento. Para cada casal de pais formados é sorteado um número e se esse número for menor que a taxa definida, então o cruzamento acontece.

A forma de cruzamento escolhida para este trabalho foi a do cruzamento uniforme, pois ela é capaz de combinar esquemas que as formas mais simples de cruzamento não são capazes.

O funcionamento do cruzamento uniforme pode ser assim descrito: para cada gene é sorteado um número zero ou um. Se o valor sorteado for igual a um, o filho número um recebe o gene da posição corrente do primeiro pai e o segundo filho o gene corrente do segundo pai. Por outro lado, se o valor sorteado for zero, as atribuições serão invertidas: o primeiro filho recebe o gene da posição corrente do segundo pai e o segundo filho recebe o gene da posição corrente do primeiro pai [4]. A Figura 3 ilustra o funcionamento do cruzamento descrito.

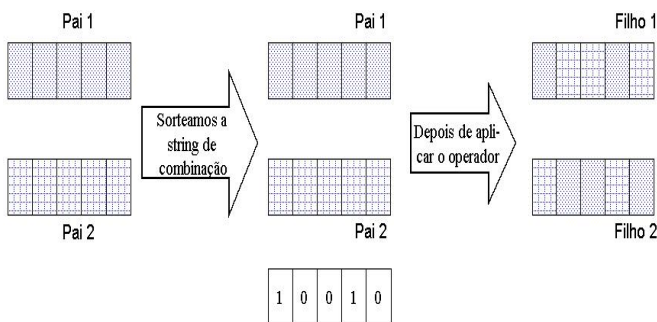


Fig. 3. Cruzamento uniforme [4].

Como nesse trabalho os genes são agrupados em seções para adequação às restrições existentes, ao invés do sorteio ser realizado para cada gene, ele é realizado para cada seção. Uma vez que a inicialização garante que as seções não violem as restrições, os indivíduos resultantes do cruzamento também não violam.

F. Mutação

A mutação ocorre para que os filhos possam ter características que não foram herdadas diretamente dos seus pais, garantindo assim uma maior diversidade na população gerada.

Uma taxa de mutação é definida e para cada gene existente nos filhos resultantes do cruzamento, um número aleatório é sorteado, se esse número for menor que a taxa de mutação definida então o gene assume um novo valor, também definido aleatoriamente.

A lógica descrita para mutação pode ser modificada para o conceito de seções. Como essa operação pode resultar na violação de restrições de vagas e utilização de pranchetas, então um novo número é sorteado até que seja encontrada uma sala que não viole as restrições.

G. Elitismo

O elitismo é uma pequena alteração no módulo de população que praticamente não altera o tempo de processamento de um AG. O elitismo garante que o desempenho do AG sempre cresça com o decorrer das gerações [4].

A idéia básica do elitismo é que os n melhores indivíduos de cada geração não devem morrer, eles devem passar para a

próxima geração para garantir que seus genomas sejam preservados [4].

A manutenção do melhor indivíduo da geração t na população da geração t+1 garante que o melhor indivíduo da geração t+1 é pelo menos igual que o melhor indivíduo da geração t [4]. A curva de desempenho típica de um problema de maximização em um AG com elitismo é indicada pela Figura 4.

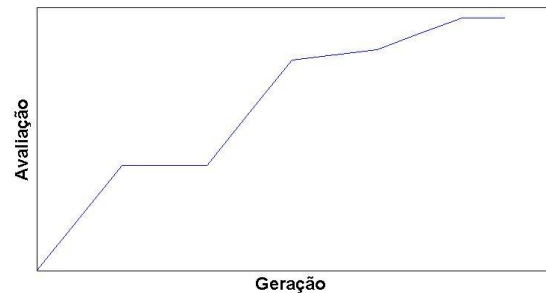


Fig.4. Curva típica de um AG com elitismo.

H. Critérios de Parada

Os critérios de parada definidos para o AG do trabalho são os seguintes:

1. Encontrar um indivíduo admissível, com avaliação igual a 0;
2. Máximo de 2000 gerações;

IV. RESULTADOS

O AG foi desenvolvido utilizando a linguagem Java em um computador com processador Intel Core i7-3770 3.40 GHz e 8 GB de memória. Os parâmetros para execução do algoritmo genético estão definidos na tabela I.

Tabela I - Parâmetros de execução.

Parâmetro	Valor
Qtd. indivíduos da população	200
Qtd. indivíduos no torneio	10
Taxa de cruzamento	0.7
Taxa de mutação	0.05
Qtd. de indivíduos no elitismo	1

A tabela II apresenta os resultados obtidos em 5 execuções do AG. A coluna "Inicial" indica qual a avaliação do melhor indivíduo após a inicialização da população. A coluna "Última" indica qual a avaliação do melhor indivíduo na última geração. A coluna "Gerações" indica a quantidade de gerações efetuadas quando o processamento foi interrompido.

Tabela II - Resultados de execução

Execução	Inicial	Última	Gerações
1	224	0	1202
2	194	2	2000
3	208	0	635
4	216	2	2000
5	220	0	1465

O comportamento da execução 3 é apresentado na Figura 5. Nessa figura é mostrada a avaliação do melhor indivíduo

(curva vermelha) e também a média de avaliação de todos os indivíduos da população (curva azul) ao longo das gerações.

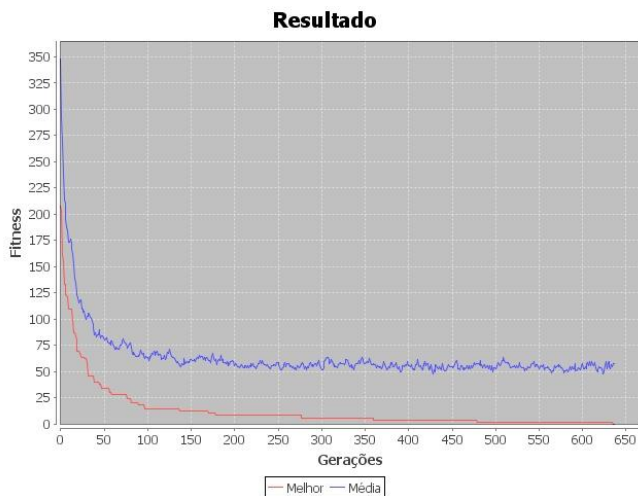


Fig.5. Resultado da execução 3.

Pela Figura 5 observa-se que nas gerações iniciais a avaliação do melhor indivíduo sempre apresenta decaimento e quanto mais próximo o AG se aproxima da solução, maior é a dificuldade de se encontrar um indivíduo com melhor avaliação.

V. CONCLUSÕES

Os resultados alcançados a partir dos experimentos realizados neste trabalho mostram que os algoritmos genéticos são uma alternativa promissora para o problema de alocação de salas da Universidade Federal de Uberlândia. Através do agrupamento dos genes em seções, encontrou-se

uma maneira de satisfazer a restrição de alocar a mesma sala de aula para turmas do mesmo curso e do mesmo período.

Para os dados de entrada utilizados, onde é conhecido que não existem choques de horário, as execuções mostraram que o AG conseguiu encontrar a solução ou chegou bem próximo a ela. Os tempos de execução variaram entre 8 e 25 minutos, tempos considerados extremamente baixos comparados ao tempo necessário, quando realizada a alocação manualmente. Atualmente, este trabalho manual consome semanas de um procedimento exaustivo de designação que nem sempre é satisfatório.

O sistema automático proposto, baseado em computação evolutiva, no caso, os algoritmos genéticos, se mostra uma ferramenta computacional importante na busca por melhores soluções para problemas combinatórios como a alocação de espaço físico na Universidade Federal de Uberlândia.

Espera-se, a seguir, aperfeiçoar o algoritmo genético de forma que se possa obter um desempenho cada vez melhor, tanto na qualidade da solução quanto no tempo de execução, buscando o melhor ajuste dos operadores genéticos e da função de aptidão dos indivíduos da população.

REFERÊNCIAS

- [1] Burke, E. K.;Varley, D. B. *Space allocation: an analysis of higher education requirements. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 1408, pp. 20-36, 1997.
- [2] Schaefer, A.A *survey of automated timetabling. Artificial Intelligence Review*.vol. 13, pp. 87-127, 1999.
- [3] Tomassini, M. *A survey of Genetic Algorithms. Annual Reviews of Computational Physics*.vol. 3, pp. 3-5,1995.
- [4] Linden, R. *Algoritmos Genéticos*, Ciência Moderna, 3ª Edição, Rio de Janeiro, 2012.