

ALOCAÇÃO DE HORÁRIOS DE PROFESSORES E TURMAS EM UM CURSO UNIVERSITÁRIO

Ana Flávia Neves Gall

Departamento de Computação
Universidade Federal Fluminense
R. Recife s/n - Jardim Bela Vista, Rio das Ostras-RJ 28895-532
ana_neves_gall@hotmail.com

André Renato Villela da Silva

Departamento de Computação
Universidade Federal Fluminense
R. Recife s/n - Jardim Bela Vista, Rio das Ostras-RJ 28895-532
avillela@ic.uff.br

RESUMO

Este artigo descreve o problema de alocação de horários em um curso universitário, visto que esse é um problema recorrente a cada início de período letivo. Esse problema é de difícil solução, uma vez que existe um grande número de restrições para a alocação. Além disso, quando a geração do quadro de horários é feita de forma manual, demanda-se bastante tempo e nem sempre é possível estabelecer uma solução satisfatória e sem conflitos. Este trabalho de pesquisa aborda o problema através de uma formulação matemática, com o intuito de gerar uma melhor distribuição de turmas e professores no quadro de horários. Para validar essa proposição, a formulação foi aplicada a uma amostra de 10 grupos de turmas, 27 professores e 60 disciplinas.

PALAVRAS CHAVE. Formulação matemática, Alocação de horários, Programação inteira.

Tópicos. Otimização Combinatória, Programação Matemática.

ABSTRACT

This article describes a Timetabling problem in a university course, since this is a recurring problem at the beginning of each academic period. This problem is difficult to solve, since there is a large number of constraints for allocation. In addition, when the timesheet generation is performed manually, it demands a lot of time and it is not always possible to establish a satisfactory solution without conflicts. This research addresses the problem through a mathematical formulation in order to generate a better distribution of classes and professors in the timesheet. To validate this proposition, the formulation was applied to a sample of 10 groups of classes, 27 professors and 60 disciplines.

KEYWORDS. Mathematical Formulation. Timetabling. Integer programming.

Paper topics. Combinatorial Optimization, Mathematical Programming.

Este trabalho foi desenvolvido ao longo de um projeto de Iniciação Científica e continuado como trabalho de conclusão de Curso

1. Introdução

O problema da geração de grade de horários em qualquer instituição de ensino é antigo e recorrente a cada início de período letivo. Os responsáveis pela construção da grade consomem horas do seu tempo para encontrar uma solução razoavelmente satisfatória, a qual, na maioria das vezes, não é a solução ótima. Trata-se de um problema combinatório complexo [Vieira e Macedo 2011], uma vez que o conjunto de interesses particulares da instituição, professores e alunos geram várias condições conflitantes a serem atendidas. Realizando o serviço de forma manual, é muito difícil encontrar a alocação de horários “perfeita”, ou seja, que deixe todos os envolvidos satisfeitos.

O processo de alocação de horários é denominado Timetabling. O Timetabling pode ser descrito como o problema de se alocar o encontro de determinados recursos dentro de um determinado espaço de tempo [Simão 2013]. Conforme [Vieira e Macedo 2011] e [Paim e Greis 2008], este problema, no caso de instituições de ensino, baseia-se em agendar uma sequência de encontros, como aulas ou outro tipo de atividade escolar, entre a instituição, os professores e os alunos em um período de tempo determinado, de forma a satisfazer restrições de diversos tipos.

Este artigo descreve um sistema de geração automática de grade de horários, desenvolvido para atender as necessidades do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense (UFF), no campus de Rio das Ostras. O problema é abordado através da criação de uma formulação matemática para atender o conjunto de restrições existentes.

A situação para esta universidade complica-se também pelo fato de que a maior parte dos professores reside em outras cidades, o que insere novas restrições, como o desejo por minimizar a quantidade de dias que se deve ir à instituição. Sendo assim, como o curso não possui qualquer sistema informatizado que resolva o problema de geração da grade de horários de forma ágil e fácil, o resultado implica em soluções que não atendem às expectativas.

Este artigo está dividido como se segue: a Seção 2 descreverá a revisão da literatura sobre o problema em questão; a Seção 3 abordará a metodologia utilizada para resolver o problema de alocação de horários da universidade; a Seção 4 apresentará os resultados obtidos através de testes; por último, a Seção 5 apresentará as considerações finais e propostas de trabalhos futuros.

2. Revisão da Literatura

Alguns dos estudos sobre o problema se baseiam na criação de uma formulação matemática que atenda às restrições existentes. O estudo relatado por [Lach e Lubbecke 2012] apresenta uma abordagem de programação inteira para o problema em um curso universitário, no qual palestras semanais têm que ser alocadas e atribuídas às salas. Foram relatadas as restrições hard e soft desejadas e a formulação matemática foi criada para atender as mesmas. Os autores relataram diferentes conjuntos de experiências, utilizando instâncias já abordadas em outros estudos. Em geral, os tempos de execução foram bastante curtos e, em comparação aos resultados obtidos nas pesquisas anteriores, esta abordagem apresentou bons resultados.

O estudo realizado por [van Den Broek et al. 2009] também abordou o problema de Timetabling através da programação inteira. Neste caso, o problema consistia em atribuir cursos, com horários pré-fixados, aos estudantes do Departamento de Design Industrial da TU Eindhoven. Foi desenvolvida uma formulação matemática completa para o problema. O tempo de execução para resolver os casos foi insignificante e a administração e os alunos, em sua maioria, ficaram muito satisfeitos com os horários gerados pelo programa. Formulações matemáticas para problemas semelhantes também foram utilizadas em [Mirhassani 2006].

Enquanto alguns estudos exploram a resolução do problema através de formulação matemática, outros focam na solução do mesmo por meio do uso de heurísticas. O estudo realizado por [Lu e Hao 2010] aborda o problema através de uma heurística híbrida, utilizando um algoritmo de Busca Tabu Adaptativa para resolver o problema de alocação de horários em uma universidade. Esse algoritmo se divide em três fases: inicialização, intensificação e diversificação. A primeira consiste em uma heurística gulosa para produzir rapidamente grades de horário iniciais viáveis. A segunda consiste em aplicar a Busca Tabu a partir da solução

inicial, tentando encontrar uma solução melhor na vizinhança. A terceira consiste em aplicar a Busca Local Iterativa para perturbar a solução atual quando a Busca Tabu atinge a solução ideal local. Através dos testes realizados, os autores constaram que o algoritmo proposto é vantajoso em relação à Busca Tabu ou à Busca Local Iterativa sozinhas. Outras abordagens heurísticas também podem ser vistas em [Mushi e Marwa 2013] e [Head e Shaban 2007].

O estudo relatado por [Lewis e Thompson 2015] fornece um tratamento matemático para o problema de definição de horários em universidades e aborda tal problema através de um algoritmo de duas fases baseado em meta-heurística. A qualidade de uma solução válida foi medida por um raio de viabilidade (DTF), que consiste na soma dos tamanhos de todos os eventos que não estão contidos na solução. O primeiro passo necessário é produzir uma solução válida que minimiza essa medida DTF e, para isso, é utilizada uma adaptação do algoritmo PARTIALCOL, que foi originalmente projetado para o problema de coloração de grafos. Uma solução inicial é construída alocando eventos um a um em intervalos de tempo de tal modo que nenhuma das restrições hard sejam violadas. Nessa primeira fase do algoritmo não são consideradas restrições soft. Na segunda fase do algoritmo o emparelhamento simulado (SA) é usado para explorar o espaço de soluções válidas/viáveis, na tentativa de minimizar o número de violações de restrições soft. Através de um conjunto bem conhecido de instâncias de problemas de referência, o algoritmo proposto pelos autores foi testado e produziu excelentes resultados. Outras abordagens utilizando meta-heurísticas podem ser vistas em [Ceschia et al. 2012] e [Abuhamdah et al. 2014].

Em [Silva 2014] foi proposto um modelo básico para o problema levando em consideração algumas restrições pertinentes ao cenário encontrado no curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal Fluminense. Foram levadas em consideração restrições como: disponibilidade de professores, horários inapropriados para períodos em que os alunos fazem estágio curricular obrigatório, diminuição de horários vazios entre aulas e número máximo de aulas concomitantes. O modelo mostrou-se muito eficiente, porém só foram realizadas comparações com métodos manuais de solução do problema. Não foram tratadas variações do cenário básico do curso, o que impossibilitou a análise da robustez do modelo em tratar situações eventuais menos comuns.

3. Metodologia

O objetivo deste trabalho é disponibilizar um modelo que possibilite a construção de grades horárias de forma mais eficiente, de acordo com as restrições impostas pela universidade em questão. A necessidade da universidade é atender ao máximo possível a preferência dos professores e dos grupos de turmas de ministrar/possuir aulas em dias da semana e horários especificados. As aulas são ministradas de segunda à sexta-feira com a disponibilidade de sete horários diários.

O modelo básico de [Silva 2014] será modificado para atender um conjunto adicional de restrições que flexibilizam a alocação de turmas com carga horária especial 6 horas semanais, por exemplo. Nesse caso, a alocação convencional dividiria a carga horária em 3 aulas de duas 2 horas cada. Entretanto, alguns professores que utilizam o laboratório preferem que as aulas sejam divididas em 2 aulas de 3 horas cada.

Portanto, na abordagem do problema é considerada a preferência de como cada professor gostaria que as aulas de suas turmas fossem alocadas, criando seis possíveis perfis para as mesmas através de uma variável de controle, que pode variar de 0 a 5. As turmas possuem cargas horárias de 2, 4 ou 6 horas semanais. Sendo assim, turmas que tenham carga horária de 6 horas semanais podem ter três perfis diferentes: duas aulas por semana de 3 horas cada, uma aula de 4 horas e outra aula de 2 horas por semana ou três aulas por semana de 2 horas cada. Turmas que tenham carga horária de 2 horas semanais estarão aptas apenas para um perfil: uma aula por semana de 2 horas. Por fim, turmas que tenham carga horária de 4 horas semanais podem ter dois perfis distintos: duas aulas por semana de 2 horas cada ou uma aula por semana de 4 horas.

Para a criação dos perfis de cada turma é necessário criar uma variável que realiza o controle dos mesmos. Além disso, para permitir a alocação de aulas de 3 horas, é necessária a criação de variáveis que indiquem que uma turma possui aula apenas na metade de um horário, uma vez que os horários são definidos com tamanho de 2 horas cada na alocação convencional.

Dessa maneira, uma aula de 3 horas é composta por um horário inteiro e a metade de um horário, podendo ser a primeira metade do horário seguinte ou a segunda metade do horário anterior.

As turmas são divididas em grupos, que podem ser os próprios períodos das disciplinas ou algum outro conjunto de turmas, como um grupo de optativas, por exemplo. Um grupo consiste em um conjunto de turmas que não podem ter conflito de horário entre si.

Seguem algumas das variáveis binárias do problema utilizadas na modelagem dos perfis. $X_{D,H}^i$: 1 se a turma i tem aula inteira (2 horas) no dia D , horário H ; $Y_{D,H}^p$: 1 se o professor p tem aula inteira no dia D , horário H ; $Z_{D,H}^g$: 1 se o grupo g tem aula no dia D , horário H ; $U_{D,H}^{i,j}$: 1 se a turma i possui aula na metade j (primeira metade ou segunda metade) do horário H , no dia D ; $N_{D,H}^{p,j}$: 1 se o professor p possui aula na metade j (primeira metade ou segunda metade) do horário H , no dia D ; $NG_{D,H}^{g,j}$: 1 se o grupo g possui aula na metade j (primeira metade ou segunda metade) do horário H , no dia D ; e $V_D^{i,k}$: 1 se existe aula de k horas no dia D para a turma i .

A seguir são apresentadas algumas restrições utilizadas na flexibilização do modelo básico. As Eq. 1 e 2 relacionam a variável que realiza o controle dos perfis ($V_D^{i,k}$) com a quantidade de aulas no dia, ou seja, a primeira verifica se uma turma possui aulas de 2, 3 ou 4 horas em um dia e a segunda garante que um único perfil poderá ser utilizado por dia.

$$k * V_D^{i,k} \leq 2 * \sum_{H=1}^7 X_{D,H}^i + \sum_{H=1}^7 \sum_{j=1}^2 U_{D,H}^{i,j} \quad \forall i \in TURMAS, \forall D = 1 \dots 5, \forall k = 2..4 \quad (1)$$

$$\sum_{k=2}^4 V_D^{i,k} \leq 1 \quad \forall i \in TURMAS, \forall D = 1 \dots 5 \quad (2)$$

É necessária também uma restrição para impedir que a metade de um horário seja alocada se não existir um horário inteiro utilizado adjacente. Em outras palavras, se o horário inteiro anterior não estiver alocado, não será possível que a primeira metade do horário seguinte seja alocada. Assim como se o horário inteiro posterior não estiver alocado, não será possível que a segunda metade do horário anterior seja alocada. O mesmo vale para os horários de grupos e professores, como se segue.

$$U_{D,H}^{i,1} \leq X_{D,H-1}^i \quad \forall i \in TURMAS, \forall D = 1 \dots 5, \forall H = 2 \dots 7 \quad (3)$$

$$U_{D,H}^{i,2} \leq X_{D,H+1}^i \quad \forall i \in TURMAS, \forall D = 1 \dots 5, \forall H = 1 \dots 6 \quad (4)$$

$$N_{D,H}^{p,1} \leq Y_{D,H-1}^p \quad \forall p \in PROFESSORES, \forall D = 1 \dots 5, \forall H = 2 \dots 7 \quad (5)$$

$$N_{D,H}^{p,2} \leq Y_{D,H+1}^p \quad \forall p \in PROFESSORES, \forall D = 1 \dots 5, \forall H = 1 \dots 6 \quad (6)$$

$$NG_{D,H}^{g,1} \leq Z_{D,H-1}^g \quad \forall g \in GRUPOS, \forall D = 1 \dots 5, \forall H = 2 \dots 7 \quad (7)$$

$$NG_{D,H}^{g,2} \leq Z_{D,H+1}^g \quad \forall g \in GRUPOS, \forall D = 1 \dots 5, \forall H = 1 \dots 6 \quad (8)$$

Além disso, é preciso uma restrição para impedir que a metade de um horário seja alocada se o horário inteiro já tiver sido alocado para uma turma, uma vez que não faria sentido ter mais de uma alocação no mesmo horário para uma mesma turma.

As equações (9) a seguir apresentam o controle dos perfis das turmas (controle¹), de forma que cada turma tenha o seu perfil respeitado, contabilizando a quantidade de aulas com 2, 3 e 4 horas por dia. Ademais, para permitir a alocação de aulas de 4 horas em um dia, é necessário impedir que existam intervalos de tempo vago entre dois horários inteiros ($X_{D,H}^i$) alocados em um mesmo dia (Eq. 10), fazendo com que sejam 4 horas seguidas e não duas aulas de 2 horas separadas.

A qualidade de uma solução viável depende da satisfação de restrições fracas do problema, como minimizar o excesso de aulas em um dia. Se uma restrição fraca for violada, uma penalidade é acrescentada no valor da função objetivo, que busca minimizar o total das penalidades adquiridas pelos professores e grupos de turmas.

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{D=1}^5 V_D^{i,2} = 2 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,3} = 0 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,4} = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{se controle}^i = 0 \\ 2 \text{ aulas de 2 horas} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \sum_{D=1}^5 V_D^{i,2} = 0 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,3} = 2 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,4} = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{se controle}^i = 1 \\ 2 \text{ aulas de 3 horas} \end{array} \\
 \left. \begin{array}{l} \sum_{D=1}^5 V_D^{i,2} = 1 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,3} = 0 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,4} = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{se controle}^i = 2 \\ 1 \text{ aula de 2 horas e} \\ 1 \text{ aula de 4 horas} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \sum_{D=1}^5 V_D^{i,2} = 3 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,3} = 0 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,4} = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{se controle}^i = 3 \\ 3 \text{ aulas de 2 horas} \end{array} \quad (9) \\
 \left. \begin{array}{l} \sum_{D=1}^5 V_D^{i,2} = 1 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,3} = 0 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,4} = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{se controle}^i = 4 \\ 1 \text{ aula de 2 horas} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \sum_{D=1}^5 V_D^{i,2} = 0 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,3} = 0 \\ \sum_{D=1}^5 V_D^{i,4} = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{se controle}^i = 5 \\ 1 \text{ aula de 4 horas} \end{array}$$

$$X_{D,H}^i - \sum_{i=1}^n X_{D,H+i}^i + X_{D,H+n+1}^i \leq 2 - V_D^{i,4} \quad (10) \\
 \forall i \in \tau, \forall D = 1 \dots 5, \forall n = 1 \dots 5, \forall H = 1 \dots (6 - n)$$

4. Resultados

A partir da formulação, foram realizados diversos testes com o objetivo de verificar quais restrições causam maior impacto na qualidade da solução. Os testes foram baseados em diferentes critérios, tais como o número de salas disponíveis para a alocação, a proibição de dias da semana, entre outros, e são detalhados a seguir.

4.1. Teste baseado no número de salas

O número de salas disponíveis para a alocação variou de 12 a 7, buscando encontrar o número ideal de salas para a amostra utilizada. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Nº de salas	Tempo (s)	Solução
12	368,44	735
11	524,02	735
10	929,31	735
9	692,92	735
8	3195,48	738
7	3761,53*	769*

Tabela 1. Resultado do teste baseado no número de salas

Conforme os resultados, é possível perceber que o número de 9 salas é suficiente para a alocação, já que o tempo para gerar a solução é razoável e a qualidade da solução não piora

comparado a um número maior de salas. Dessa forma, não é necessário, para esta instância, um número maior de salas. Esse é um bom resultado, uma vez que, atualmente, existem 10 salas à disposição na universidade. Por outro lado, um número menor de salas aumenta consideravelmente o tempo para gerar a solução, além de piorar a qualidade da mesma. Para o cenário de 7 salas, o programa executou por mais de uma hora e não concluiu sua execução. Até esse momento, a diferença entre o limite dual e primal era de 0,77% e o valor da função objetivo era de 769.

4.2. Teste baseado em evitar e proibir dias da semana

Nesse teste, as amostras de entrada foram utilizadas de forma que nenhuma aula pudesse ser alocada ou que fossem evitadas em um dia da semana específico, por meio de penalidades muito altas nesse dia. O resultado é apresentado na Tabela 2. A coluna “Aulas no dia” indica quantas aulas permaneceram alocadas em um dia, mesmo com a tentativa de evitar essa alocação.

Dia	Salas	Evitar			Proibir	
		Tempo (s)	Solução	Aulas no dia	Tempo (s)	Solução
Segunda	10	68,23	873	16	71,84	1020
Terça	10	172,58	851	12	119,92	1085
Quarta	10	154,34	849	14	132,95	1121
Quinta	10	27,02	854	16	85,98	1093
Sexta	10	449,14	849	15	133,83	1000

Tabela 2. Resultado do teste de evitar ou proibir um dia da semana

Comparando o resultado da proibição de determinados dias com o apresentado na Tabela 1, percebe-se que, apesar do tempo ser significativamente menor, a qualidade da solução piora muito com a inclusão desta restrição. Porém, é possível perceber que a qualidade da solução e o tempo variam bastante para cada um dos dias, o que mostra que o impacto dessa restrição na qualidade da solução varia dependendo do dia restrito e da amostra de entrada em questão.

Para todos os casos de evitar algum dia da semana, a qualidade da solução piorou quando comparada ao resultado exibido da Tabela 1, mas não substancialmente. Por outro lado, o tempo necessário para gerar a solução referente a evitar a sexta-feira foi bem maior que o da quinta-feira, por exemplo, apesar de ainda ser consideravelmente menor que o apresentado na Tabela 1. Como no caso de proibição de dias da semana, o impacto que essa restrição causa na qualidade da solução depende da amostra de entrada e do dia que se deseja evitar.

4.3. Teste baseado na proibição de horários específicos

Para este teste foram proibidos intervalos de horários específicos e os resultados são exibidos na Tabela 4. Os horários de 7 e 20 horas foram escolhidos para o teste, visto que muitos professores e alunos não ficam satisfeitos com aulas nesses horários. É possível perceber que a proibição de ambos os horários não afetou a qualidade da solução, quando comparado ao resultado apresentado na Tabela 1. Em contrapartida, para o caso da proibição do horário de 20 horas, o tempo para encontrar a solução foi muito maior que o apresentado na Tabela 1.

Horário	Nº de salas	Tempo (s)	Solução
7 às 9h	10	366,67	735
20 às 22h	10	5242,17	735

Tabela 4. Resultado do teste baseado na proibição de horários

4.4. Teste baseado na remoção do máximo de aulas por dia

Nesse teste, foram removidas as restrições que penalizavam o excesso de aulas em um dia para turmas e professores. O resultado é exibido na Tabela 5.

Nº de salas	Tempo (s)	Solução
10	1128,06	161

Tabela 5. Resultado do teste baseado na remoção do máximo de aulas por dia

Sem essas penalidades o valor da função objetivo foi consideravelmente reduzido se comparado ao valor apresentado na Tabela 1. Porém, isso não significa que a qualidade prática da solução tenha sido melhorada. Com a remoção dessa restrição, um professor e sete grupos passaram a ter mais de 7 horas de aulas alocadas em um mesmo dia e essa situação, algumas vezes, ocorreu em mais de um dia para um mesmo grupo, o que causa uma sobrecarga de atividades nesses dias.

4.5. Teste baseado na flexibilização do modelo

Para realizar esse teste, as amostras de entrada foram utilizadas de maneira que pudesse ser obtida uma comparação entre as soluções para os modelos com e sem a flexibilização dos perfis de turmas. Primeiramente, todas as turmas com carga horária semanal de 6 horas foram consideradas com o perfil de 3 aulas semanais de 2 horas cada, ou seja, o modelo proposto simula um cenário de acordo com a alocação convencional do modelo básico de [Silva 2014]. Em seguida, as mesmas turmas foram consideradas com o perfil de 2 aulas semanais de 3 horas cada, ou seja, utilizando a flexibilização do modelo. Para ambas as amostras de entrada, as turmas com carga horária de 4 horas semanais possuíam perfis mistos, variando entre 2 aulas semanais de 2 horas cada e uma aula semanal de 4 horas. O resultado é exibido na Tabela 6.

Nº de salas	Perfil	Tempo (s)	Solução
10	Original	262,75	734
10	Modificado	180,02	769

Tabela 6. Resultado do teste baseado na flexibilização do modelo

No caso do perfil modificado, o tempo para encontrar a solução foi menor que o tempo do perfil original, porém, a qualidade da solução encontrada foi pior. Essa piora, no entanto, não foi tão elevada (aproximadamente 4,8%). Além disso, é necessário analisar outros aspectos para definir a qualidade de uma solução. Ao mesmo tempo em que se obtém um aumento razoavelmente pequeno nas penalidades, obtém-se a possibilidade do professor escolher como deseja que as aulas de suas turmas sejam distribuídas, o que pode compensar subjetivamente. Em outras palavras, a flexibilização do modelo não piora substancialmente a solução, mas deve ser utilizado com cautela e em situações específicas.

5. Conclusão e trabalhos futuros

Neste artigo foi proposta uma flexibilização de uma formulação matemática para o problema de alocação de horários, tendo como estudo de caso o curso de Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense de Rio das Ostras, com o intuito de tornar mais rápido e satisfatório o processo de criação da grade de horários.

A implementação do modelo e sua execução sobre dados reais do curso propiciam a confirmação de sua eficiência na resolução do problema proposto, validando a sua aplicabilidade. Os resultados solidificam que é possível a geração de uma grade de horários automatizada consistente, reduzindo o tempo de criação e atendendo ao máximo as preferências dos professores.

O modelo flexibilizado proposto neste trabalho se adaptou muito bem aos diversos cenários testados, mostrando pouca variação na qualidade da solução produzida. A única exceção se deu quando foi testada a tentativa de evitar aulas e, principalmente, a proibição de aulas em algum dia da semana, o que é um cenário de ocorrência muito improvável. Em relação à mudança do perfil das turmas, pode-se dizer que a mesma não torna a solução final necessariamente melhor com os dados de entrada que foram utilizados como teste. Portanto, a flexibilização dos perfis das turmas deve ser utilizada com cautela pelo usuário do sistema, pois pode causar uma

piora no quadro final em relação à qualidade da solução, embora permita aos professores maior controle sobre a organização de suas aulas.

Agradecimento

Agradecemos à FAPERJ pelo financiamento parcial desta pesquisa.

Referências

Abuhamdah, A.; Ayob, M.; Kendall, G.; Sabar, N. (2014). Population based Local Search for university course timetabling problems. *Applied Intelligence*, vol.40(1), p.44-53.

Ceschia, S.; Di Gaspero, L.; Schaerf, A. (2012). Design, engineering, and experimental analysis of a simulated annealing approach to the post-enrolment course timetabling problem. *Computers and Operations Research*, vol.39(7), p.1615-1624.

Head, C.; Shaban, S. (2007). A heuristic approach to simultaneous course/student timetabling. *Computers and Operations Research*, vol.34(4), p.919-933.

Lach, G.; Lubbecke, ME. (2012). Curriculum based course timetabling: new solutions to Udine benchmark instances. *Annals Of Operations Research*, vol.194(1), p.255-272.

Lewis, R.; Thompson, J. (2015). Analysing the effects of solution space connectivity with an effective metaheuristic for the course timetabling problem. *European Journal of Operational Research*, Vol.240(3), p.637-648.

Lu, Z.; Hao, JK. (2010). Adaptive Tabu Search for Course Timetabling. *European Journal Of Operational Research*, Vol.200(1), p.235-244.

Mirhassani, SA. (2006). A computational approach to enhancing course timetabling with integer programming. *Applied Mathematics and Computation*, vol.175(1), p.814-822.

Mushi, AR.; Marwa, Y. (2013). Late Acceptance Heuristic for University Course Timetabling Problem. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, vol.04(2), p.88-92.

Paim, AD.; Greis, IC. (2008). Abordagens para elaboração automatizada de tabela de horários acadêmicos. *Seminário Intermunicipal De Pesquisa*, p.6-26.

Silva, ARV. (2014). Uma formulação matemática para o problema de alocação de horários em um curso universitário: um estudo de caso. *Anais do XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Salvador/BA.

Simão, TD. (2013). Utilização de algoritmos genéticos para otimização de soluções para o timetabling escolar. Tese apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras.

van Den Broek, J.; Hurkens, C.; Woeginger, G. (2009). Timetabling problems at the TU Eindhoven. *European Journal Of Operational Research*, Vol.196(3), p.877-885

Vieira, F.; Macedo, H. (2011). Sistema de Alocação de Horários de Cursos Universitários: Um Estudo de Caso. Tese apresentada ao Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe. *SCIENTIA PLENA*, vol. 7 (3).