

Support to Decision Making in the Allocation of Tutors in Distance Learning Courses Using Integer Programming

Auxílio à Tomada de Decisão na Alocação de Tutores em Cursos a Distância Utilizando Programação Inteira

P. S. Paula¹
patricia@virtual.ufc.br

W. W. F. Sarmiento¹
wwagner@virtual.ufc.br

H. S. L. Pequeno¹
henrique@virtual.ufc.br

M. C. Pequeno¹
mauro@virtual.ufc.br

G. A. L. Pallard¹
gabriel@virtual.ufc.br

¹ Universidade Federal do Ceará
Humberto Monte Ave
Fortaleza-Ceará-Brasil
+55 (85) 33669457

ABSTRACT

Operations research is consolidated as an important area of applied mathematics, having among its classical problems that of resources allocation. This paper presents the problem of tutor allocation in distance learning courses, using individual evaluation score criteria in order to maximize the total final score punctuation in the allocation. A model was formulated using integer linear programming, which was tested in simulation with real data, trying to identify if a model that allows to enter the relevant data and generate a proposal for automatic allocation would facilitate the process of resources allocation, making the process more efficient than the manual allocation.

Categories and Subject Descriptors

[Web Technologies and Society]: E-Government, E-learning, E-Business.

[Relationship between the Web Architecture and other computational areas]: Automatic Control Web-based systems.

General Terms

Management, Measurement, Performance, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Integer linear programming, resource allocation, distance education.

1. INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional (PO) teve suas primeiras aplicações no período da Segunda Guerra Mundial para auxiliar os militares a tomar decisões relacionadas ao material militar [6]. Ela pode ser definida como “a aplicação de métodos científicos para auxiliar na

tomada de decisão” [2] utilizando-se, para tanto, de métodos matemáticos para representar o mundo real, buscando a solução, ou otimização de problemas.

Dentre as técnicas utilizadas em PO, encontram-se programação linear (PL), que trata de problemas de otimização em que a função objetivo e as restrições se dão na forma de equações lineares [6] e programação inteira (PI), que é similar à programação linear, com a restrição de que as variáveis envolvidas são números inteiros [3]. Uma aplicação que está relacionada diretamente a PO é a otimização da alocação de recursos. Este problema está relacionado, por exemplo, a atribuição otimizada de tutores em disciplinas de cursos presenciais ou a distância.

Evidencia-se, hoje, o crescimento do volume de pessoas envolvidas na Educação a Distância (EaD) em diversas instituições de ensino no Brasil, em particular nas universidades federais. Programas como a Universidade Aberta do Brasil (UAB), do Governo Federal brasileiro, estão incorporando às universidades públicas milhares de novos alunos que utilizam a modalidade educação a distância para a realização de seus estudos. Um exemplo de universidade vinculada ao programa UAB é a Universidade Federal do Ceará que foi palco da presente pesquisa. Existe atualmente nesta universidade a demanda por uma ferramenta que auxilie na alocação de pessoal, dado o grande volume de pessoas e disciplinas envolvidas no processo de EaD.

Neste contexto, o presente trabalho propõe a formulação de um modelo para alocação de recursos que auxilie um gestor a tomar decisões relacionadas à alocação otimizada de tutores em cursos a distância.

O presente trabalho está organizado em cinco seções principais, uma breve introdução sobre o assunto, uma seção sobre trabalhos relacionados, uma para a metodologia adotada na realização do trabalho, uma para apresentar a modelagem do problema de alocação e, por fim, uma seção de conclusão.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Como exemplo de trabalhos de alocação em PO – que estariam relacionados à pesquisa proposta no presente trabalho –, pode-se citar o artigo [4], que apresenta um estudo de caso aplicado à Força Aérea Brasileira, abordando o planejamento de alocação de recursos utilizando pesquisa operacional, com programação multi-

objetivo. Outro trabalho relacionado é o artigo [1], que trata da contribuição da pesquisa operacional à alocação de recursos humanos para tarefas de educação à distância. Este último trabalho, apesar de abordar um tema próximo ao do presente trabalho, não atende plenamente ao que é pedido que é propor um modelo para auxiliar a alocação de recursos de pessoal baseada em critérios de *score*, visando à maximização da pontuação total na avaliação de pessoal.

Foram encontrados outros trabalhos na área de programação linear ou inteira na alocação de recursos [7] e [8], porém sem abordar o problema proposto, que é otimização da alocação de recursos em cursos a distância utilizando programação inteira visando a maximização da pontuação de avaliação desses recursos.

3. METODOLOGIA ADOTADA

Buscou-se levantar os dados relacionados ao problema central do trabalho que são os fatores considerados relevantes na alocação de tutores de cursos a distância. Foram identificadas as variáveis envolvidas e as restrições pertinentes à alocação para, em seguida, trabalhar na formulação de um modelo que atenda os requisitos levantados propondo a melhor alocação dos recursos disponíveis segundo o critério principal desejado, o maior *score* total de avaliação dos recursos alocados.

Para verificação do modelo, foi coletada uma amostragem do pessoal a ser alocado nos cursos a distância, contendo informações de onde cada recurso poderia ser alocado e qual seu *score* de avaliação individual.

A amostra foi coletada do banco de dados real da universidade pesquisada, abrangendo os tutores aptos a ser alocados nas disciplinas de uma única graduação, assim como a lista de disciplinas dessa graduação aplicadas no período de 2011.1. Cada tutor pode estar apto a acompanhar uma ou mais disciplinas, de acordo com seleção prévia e escolha de setores de estudo aos quais estão relacionadas as disciplinas.

Por representar um universo de dados para simulação maior do que o desejado e extrapolar o número de variáveis aceitas no simulador usado (até 200 variáveis) – a saber, o solver presente como complemento do Microsoft Excel – a amostra de dados foi reduzida. Considerando apenas uma graduação, contamos com quase 400 tutores e 20 disciplinas, cada disciplina aplicada em onze turmas. Essa amostra foi reduzida para 2 disciplinas, cada uma de um setor de estudo diferente, aplicadas no total em 6 turmas, o que reduziu para 6 alocações possíveis. Os tutores aptos para alocação nessas 6 turmas foram reduzidos dos 123 possíveis para 32.

Quanto ao *score* de avaliação, a partir de conversa com o coordenador do setor de avaliação responsável pelo acompanhamento das graduações semipresenciais da universidade pesquisada, foi verificado que, para cada disciplina, é gerado um *score* de avaliação do tutor. Dessa forma, não há um valor individual, mas um valor para cada disciplina que o tutor está apto a acompanhar. Esse valor de *score* de avaliação que o tutor recebe em cada disciplina será utilizado como uma das restrições na modelagem do problema, não sendo abordada a forma como essa avaliação é realizada ou como esse valor é gerado por não estar no escopo do presente trabalho.

Por estar em fase de implantação, não foi possível recolher amostra dos dados com os valores de *score* para cada tutor em disciplina, sendo, então, gerados aleatoriamente.

4. MODELAGEM DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO

4.1 Formulação do Modelo

O problema de alocação pode ser tratado como um problema de programação linear inteira onde temos i disciplinas e j tutores para alocação. Cada disciplina precisa ter obrigatoriamente um tutor alocado, e cada tutor pode ser ou não alocado em uma disciplina.

Como restrições para construção de um modelo simplificado para estudo, consideramos que cada tutor só pode ser alocado em uma disciplina no período considerado – a saber, um semestre e cada disciplina deve receber uma alocação; cada tutor possui, ainda, um *score* de avaliação que é recebido de uma fonte de dados externa – no caso, o setor de avaliação dos cursos semi-presenciais da universidade estudada –, sendo cada avaliação referente a uma disciplina. Dessa forma, é possível para um tutor ter uma nota excelente como tutor em determinada disciplina e uma nota mediana em outra, o que deve ser considerado distintamente. Uma tabela de dados de exemplo pode ser vista abaixo.

Tabela 1. Exemplo fictício de valores de alocação de tutor.

Tutor	Score de avaliação em disciplina			
	Disciplina A	Disciplina B	Disciplina C	Disciplina D
Tutor1	7	8	9	6
Tutor2	7	6	8	5
Tutor3	8	9	0	9
Tutor4	6	8	7	9

Deseja-se obter a melhor alocação baseada nos valores de avaliação de cada tutor em cada disciplina. A alocação assumirá, então, valor 1 (um) ou 0 (zero), para cada alocação ou não do tutor, respectivamente.

Teremos $x_{ij} = 1$, quando o tutor i for alocado na disciplina j , e $x_{ij} = 0$ quando o tutor i não for alocado na disciplina j .

Dessa forma, o modelo formulado é o seguinte:

$$\max z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_i x_{ij}$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^m x_j = 1 \quad (\text{disciplinas – toda disciplina deve ter uma alocação})$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq 1 \quad (\text{tutores – os tutores podem ou não ser alocados em disciplinas})$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

Onde n é o número máximo de tutores, m o número de disciplinas, e c_i é a nota de avaliação, sendo $\{c_i \in \mathbb{N} \mid 0 \leq c_i \leq 10\}$.

A seguir, será vista a aplicação do modelo com uma massa de dados reais colhidos para simulação no solver.

4.2 Apresentação dos Dados de Teste

Para melhor compreensão dos dados para simulação, é necessário uma breve explicação sobre a forma como são estruturadas as disciplinas das graduações a distância na universidade pesquisada.

As disciplinas estão organizadas em setores de estudo, onde cada setor pode conter uma ou mais disciplinas. Em cadastro prévio, o tutor é relacionado às disciplinas em que está apto a atuar.

A grade de administração é composta de 37 disciplinas, sendo que, até o momento em que estes dados foram levantados, haviam 25 cadastradas no sistema de cadastro de tutores, tendo sido 20 delas aplicadas no semestre de 2011.1, região de onde foram extraídos os dados utilizados neste trabalho.

Setor de estudo	Código da disciplina	Nome da disciplina
BA01	RM102	Ciência Política
	RM103	Seminário Temático I: Sociologia
BA02	RM108	Direito Administrativo
	RM126	Seminário Temático VII: Comércio Exterior

Quadro 1. Amostra das disciplinas por setor de estudo utilizadas na simulação

Cada disciplina é aplicada simultaneamente em vários pólos, equivalentes às turmas. Assim, se o tutor está apto a acompanhar a disciplina de Ciência Política, por exemplo, na verdade ele está apto a acompanhar essa disciplina em qualquer das turmas em que ela esteja acontecendo, multiplicando as possibilidades de alocação pelo número de turmas.

Foram selecionados para simulação os setores BA05 e BA06, o que totalizava 4 disciplinas realizadas em 11 polos cada uma, o que totalizaria 44 alocações.

O total de tutores cadastrados e relacionados à graduação de administração é de 393, estando 123 destes aptos a acompanhar as disciplinas dos setores BA05 e BA06.

Ao considerar o volume de variáveis envolvidas, teríamos 123 tutores por 44 alocações o que diminuiria a legibilidade dos dados gerados para apresentação no presente trabalho. Dessa forma, optou-se por simular utilizando parciais desse volume de dados.

Foram escolhidos aleatoriamente 32 dos 123 tutores e 2 das 4 disciplinas iniciais, sendo uma do setor BA05 e uma do setor BA06 (RM131 e RM134, respectivamente). Foram selecionados os pólos de Aracoiaba [Araa], Fortaleza [Fora] e Sobral [Sobl], o que implica que cada disciplina passa a representar não mais as 11 alocações iniciais, mas apenas 3 alocações.

Foram utilizadas abreviações para identificação dos tutores, das turmas e das disciplinas.

Os *scores* de avaliação foram gerados randomicamente, apenas para as disciplinas em que o tutor está apto a ser alocado, figurando em um intervalo de 5 (cinco) a 10 (dez). Nas disciplinas em que o tutor não atua, foi considerado *score* 0 (zero) de avaliação.

4.3 Descrição do Processo de Simulação

Foi utilizado para simulação com os dados o Microsoft Excel 2007 e seu complemento Solver, um software que pode ser instalado junto com o Microsoft Excel e que permite resolver problemas de PL e PI.

Uma vez que foi utilizada apenas uma parcial dos dados colhidos, as variáveis foram reduzidas a 192, estando dentro do limite de

200 variáveis aceitas pelo solver [5], as quais representam as alocações dos tutores nas turmas de cada disciplina. Em cada simulação, foi feita alocação de 6 dos 32 tutores disponíveis, procurando maximizar o *score* total de avaliação.

No Quadro 2, segue uma amostra da listagem de tutores selecionados para simulação e as disciplinas relacionadas. Nas colunas 2 e 3 (RM134 e RM131), há o indicativo de que o tutor atua nessa disciplina (o x marca a atuação).

Tutor	RM134	RM131
A1926		x
A711		x
A2266		x
A1724	x	x
C370		x
D1879		x
D1905	x	
E147	x	

Quadro 2. Exemplo dos dados da lista de tutores selecionados para simulação e disciplinas relacionadas

Para a simulação inicial, foram gerados dados aleatórios para entrar como valores de avaliação de cada tutor. Para as células do Quadro 3, foi entrada a fórmula “=SE(\$C3=”x”;ALEATÓRIOENTRE(5;10);”0”)” alterando apenas a identificação da célula C3 que, no caso, variava de C3 a D34, como pode ser visto no quadro já exibindo os dados gerados aleatoriamente.

Tutor	RM 134 [Araa]	RM 134 [Fora]	RM 134 [Sobl]	RM 131 [Araa]	RM 131 [Fora]	RM 131 [Sobl]
A1926	0	0	0	7	7	7
A711	0	0	0	6	6	6
A2266	0	0	0	7	7	7
A1724	5	5	5	5	5	5
C370	0	0	0	8	8	8
D1879	0	0	0	10	10	10
D1905	5	5	5	0	0	0
E147	7	7	7	0	0	0

Quadro 3. Exemplo dos dados da lista de tutores selecionados para simulação e valores aleatórios de avaliação

Com esses dados iniciais, seguiu-se à montagem do modelo no Excel.

Foi montada a mesma estrutura para todas as simulações realizadas. Foram inseridos os valores da lista de tutores (ver quadro 3) com os coeficientes de avaliação; montada uma tabela similar para as variáveis de decisão; organizadas as restrições e montada a função objetivo.

Foram definidos no solver a função objetivo a ser maximizada, as variáveis e restrições definidas inicialmente na planilha.

Todas as simulações usaram a mesma configuração e estrutura do modelo e foram realizadas com os mesmos dados mais de uma vez para verificar a coerência do resultado gerado. Foram variados os valores de avaliação para verificar as alterações na escolha final de alocação e o valor de avaliação total final.

De 5 simulações realizadas, em 3 foram gerados dados de avaliação totalmente diferentes. Em 2 foram usados os dados da primeira avaliação com algumas mudanças pontuais nos valores de avaliação de alguns dos tutores para identificar a diferença no resultado de alocação.

Em todos os casos, foram encontrados resultados máximos de valor *score* total de avaliação.

5. CONCLUSÃO

Pelo que pode ser observado com os resultados das simulações apresentadas, mesmo uma modelagem simples para alocação de recursos pode ser bastante satisfatória na geração de uma proposta de alocação de tutores que vise à maximização de *scores* de avaliação. Utilizando uma massa de dados reduzida, foi observado nas simulações que a alocação proposta em cada caso alcançava uma pontuação final maximizada, a qual pode ser vista na Figura 1. Nela, consta um gráfico onde a coluna indica a pontuação máxima que pode ser alcançada em cada simulação, considerando que todos os tutores alocados possuam nota máxima; os itens de 1 a 5 representam as simulações realizadas e a pontuação de alocação que foi realmente alcançada em cada uma.

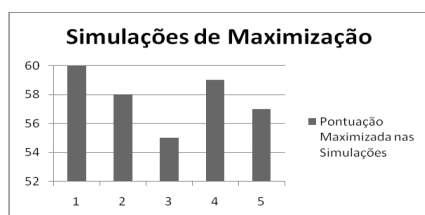


Figura 1. Pontuação alcançada em cada simulação

Mesmo com essa massa de dados representando apenas uma pequena parte do problema de alocação – 2 disciplinas aplicadas em 3 polos e tendo como possíveis alocados 32 tutores – é possível observar que seria ainda mais útil em situações com uma grande massa de dados.

No curso real da instituição pesquisada, trabalha-se com 37 disciplinas, 11 polos e 400 alocações. O grande volume de alocações pode levar a erros como, por exemplo, tutores serem designados para mais disciplinas do que poderiam conduzir.

Uma vantagem do uso de otimização baseada na avaliação dos tutores é que aqueles que obtiverem sucessivas notas baixas quanto a sua atuação nas disciplinas, implicará em sua retirada gradativa do processo de alocação, chegando, em um ponto, a não ser mais utilizado no processo. Pode-se inferir, então, que um modelo que permita entrar com os dados pertinentes e ter gerada uma proposta de alocação automática, facilitaria o processo de alocação e atribuiria maior eficiência ao processo do que a alocação feita manualmente.

Note que o processo de otimização estudado está abrangendo somente uma pequena massa de dados de uma única graduação semi-presencial, porém, existem nove destas na universidade estudada. Assim, os ganhos com esta abordagem poderiam ser

ainda maiores a partir de sua aplicação com grande massa de dados.

Embora as simulações feitas tenham sido realizadas em um complemento – solver – de um software de fins mais gerais, seria importante aplicar este modelo em um software específico para a gerência de tutores, que pudesse captar de forma automática os resultados provenientes das avaliações de tutores, aperfeiçoar as alocações de diversos cursos e oferecer para os responsáveis sugestões que pudessem ser validadas por estes e apresentadas aos tutores selecionados. Outro ponto a ser pensado seria a ampliação do modelo para considerar a agenda das várias disciplinas, permitindo que um tutor possa ser alocado em mais de uma disciplina, desde que não haja choque de datas entre elas. Por fim, outra possibilidade de trabalho futuro é comparar a eficiência do modelo formulado em programação inteira com outros métodos de otimização, como, por exemplo, Algoritmos Genéticos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Amorim, J.A. et al. 2010 Contribuições da pesquisa operacional no auxílio à tomada de decisão referente à alocação de recursos humanos para tarefas de educação a distância. In: International Conference on Engineering and Computer Education, 2007, Santos. URL: <http://www.cose.fee.unicamp.br/~anibal/projetos/paper%2006.doc>. Acesso em: 03 de setembro de 2010.
- [2] Bodanese, Ronaldo Enderli; Oliveira, José Adrelino de; Scalabrín, Idionir; Mores, Claudionor J. 2005 Teoria das restrições, pesquisa operacional e programação linear, estudo de caso com utilização do solver. In: IX Congresso Internacional de Custos, 2005, Florianópolis. URL: [http://www.ucla.edu.br/DAC/departamentos/coordenacoes/costo1/Congreso%20Internacional%20de%20Costos/VOL_200511232139%20\(D\)/artigos/custos_412.pdf](http://www.ucla.edu.br/DAC/departamentos/coordenacoes/costo1/Congreso%20Internacional%20de%20Costos/VOL_200511232139%20(D)/artigos/custos_412.pdf). Acesso em: 03 de setembro de 2010.
- [3] Colin, Emerson C. 2007 Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas. Rio de Janeiro: LTC.
- [4] Lessa, Nilton de Oliveira; Marchi, Mônica Maria De; Belderrain, Mischel C. N. 2007 Planejamento de capacidades de uma organização: uma abordagem com foco na alocação de recursos. *Sistemas & Gestão*, v. 2, n. 3, p. 257-273, setembro a dezembro de 2007.
- [5] Microsoft. 2011 Definir e resolver um problema utilizando o Solver. URL: <http://office.microsoft.com/pt-pt/excel-help/definir-e-resolver-um-problema-utilizando-o-solver-HP010072691.aspx>. Acesso em: 30 de maio de 2011.
- [6] Taha, H. 2008 Pesquisa Operacional. 8.ed. São Paulo: Pearson-Prentice Hall.
- [7] Aimbinder et al. A Customized Branch and Bound Algorithm to Solve the Resource-Sharing and Scheduling Problem (RSSP). URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4097680>
- [8] Sebt et al. Optimized Allocation of Expert Human Resources to Project. 2009 Third Asia International Conference on Modelling & Simulation. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5072017>.