PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SALAS NO CENTRO DE TECNOLOGIA – UFSM COM UM MODELO MATEMÁTICO MULTI-ÍNDICE

João Francisco Mozzaquatro Wendt
Universidade Federal de Santa Maria
Avenida Roraima nº 1000 Prédio 7 – Camobi – Santa Maria - RS
wendt.joao@gmail.com

Felipe Martins Müller
Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia – Departamento de Computação Aplicada
Avenida Roraima nº 1000 Prédio 7 – Camobi – Santa Maria - RS
felipe@inf.ufsm.br

RESUMO

Este trabalho propõe uma solução para o Problema de Alocação de Salas (PAS), no contexto do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. As disciplinas, com os horários já estabelecidos e professores designados, necessitam ser alocadas a salas de aula respeitando restrições como recursos necessários para a disciplina e a capacidade máxima das salas. A alocação é feita manualmente a cada semestre e demanda muito tempo. Foi desenvolvida uma interface via Excel e um modelo matemático multi-índice como ferramenta de apoio à decisão. Nos experimentos computacionais realizados foram consideradas instâncias reais com informações referentes aos semestres anteriores. Os resultados obtidos indicam que o algoritmo possui um tempo de execução viável e poderá melhorar os resultados obtidos manualmente.

PALAVRAS CHAVE. Problema de Alocação de Salas. Timetabling. Modelagem Matemática.

Tópicos: EDU – PO na Educação, OC – Otimização Combinatória

ABSTRACT

This paper proposes a solution for the Classroom Assignment Problem, appling the results as a case study in the Technological Centre – Federal University of Santa Maria. The courses, with their schedule and teachers already defined, need to be allocated to classrooms, respecting some constraints such as resources and the classroom capacity. The allocation is done manually each semester and takes a lot of time. A computer interface via Excel was developed and a multi-index mathematical model was solved as a decision support tool. In the computional experiments real instances were considered, based on the previous semesters. The obtained results indicate that the algoritm has a feasible execution time, improving that results obtained manually.

KEYWORDS. Classroom Assignment Problem. Timetabling. Mathematical Modelling.

Paper topics: OR in Educacion, Combinatorial Optimization

1. Introdução

A cada semestre instituições de ensino de todo mundo necessitam obter os dados de oferta de disciplinas e distribui-las de acordo com sua estrutura física, adequando suas diferentes características como localização, materiais disponíveis na sala e equipamentos da melhor maneira possível. Quanto maior o número de restrições especificadas e o número de disciplinas, maior será a complexidade do problema.

Em muitos locais, como a UFSM, esta distribuição é feita manualmente, ocupando um grande período de tempo. Além do investimento de tempo, a pessoa responsável pela distribuição executa esta tarefa há anos e possui um grande *know-how*. Isto gera um problema em relação à transferência de conhecimento e o *turnover* desta pessoa, pois quando ela não trabalhar mais nesta área grande parte de seu conhecimento será perdido caso não haja uma documentação.

A tentativa de resolver a alocação através de um modelo matemático proporciona diversas vantagens, como apontado por [SALES et al. 2015]: ganho de tempo e de eficiência, manutenção do conhecimento e a possibilidade de prever a alocação das salas com maior precisão, dentre outros.

[CARTER e TOVEY 1992] estudaram este caso e o definiram como o Problema de Alocação de Salas (PAS) ou *Classrom Assignment Problem*, um problema clássico de otimização combinatória da classe NP-*hard*. Segundo [SUBRAMANIAN et al. 2006] os métodos exatos, empregados na resolução de problemas que fazem parte desta classe, chegam a consumir tempos de ordem exponencial, ainda que as instâncias sejam de dimensões medianas.

Neste trabalho apresenta-se um algoritmo para a solução do Problema de Alocação de Salas no Centro de Tecnologia – UFSM, através de modelo matemático multi-índice, programado em linguagem VBA (Visual Basic Application). Na seção 2 é abordada a revisão bibliográfica e os demais artigos sobre o tema. Na seção 3 a metodologia e o caso específico do Centro de Tecnologia (CT) – UFSM são explicados. A seção 4 trata sobre os resultados computacionais decorrentes da metodologia aplicada. Por fim, a seção 5 descreve as considerações finais e possíveis melhorias.

2. Revisão Bibliográfica

Um fator importante no caso dos problemas de alocação de salas é a unicidade de cada problema, pois cada universidade tem diferentes estruturas físicas e necessita modelos e restrições distintas. Isto justifica o porquê de o problema de alocação de salas ser amplamente estudado na pesquisa operacional nos últimos 25 anos, segundo [ALVAREZ-VALDES et al. 2002]. Até hoje não existe nenhum método dado como melhor, pois dependendo de sua modelagem, aplicação ou aspectos considerados ele poderá ser mais adequado ou não.

As mais recentes das abordagens do problema no Brasil são as seguintes: [FREIRE e MELO 2016] da UFBA utilizaram heurísticas construtivas e busca local, apesar de não constar detalhes sobre o número de salas ou de disciplinas o algoritmo possui um tempo de execução baixo, de menos de 0,2 segundos. [JARDIM et al. 2016] desenvolveu uma meta-heurística ILS (busca local iterada) aplicada em um departamento da UFF. O algoritmo utilizado por eles demandou 29 minutos para atribuir 91 disciplinas em 18 espaços físicos (salas ou laboratórios). [PRADO e SOUZA 2014] estudaram o caso do Instituto de Ciência Exatas e Biológicas (ICEB) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) resolvendo o problema através de *Simulated Annealing*. No total são 570 disciplinas alocadas em 35 salas. O tempo médio de execução foi de 98 minutos. [KRIPKA e KRIPKA 2011] também utilizam *Simulated Annealing* na alocação de salas do Instituto de Ciências Exatas e Geociências da UPF. Neste estudo são cerca de 20 a 30 disciplinas por dia para serem alocadas em 36 salas de prédios diferentes. Não são fornecidos detalhes exatos sobre a programação do algoritmo ou seu tempo de execução, porém os autores focam em demonstrar que o modelo reduziu o deslocamento médio dos alunos por dia. Em suma, pode-se observar que todos os resultados apresentaram melhorias de algum modo na alocação de salas, seja gerando um resultado final ou apenas soluções em que pudessem ser posteriormente analisadas pelos responsáveis de acordo com as demandas de seus institutos de ensino.

Este trabalho é um posterior estudo e melhoria da pesquisa de [SALES 2015], em que foi desenvolvido um modelo matemático, porém não houve desenvolvimento de uma interface gráfica para o usuário e posterior acompanhamento e melhorias de acordo com as experiências relatadas pelos utilizadores.

3. Metodologia

Nos últimos anos houve a criação de diversos cursos novos no Centro de Tecnologia, porém sua estrutura física não se expandiu na mesma velocidade. A alocação de salas de forma eficiente busca otimizar a utilização dos espaços físicos, com base nos requisitos necessários. Atualmente existem 14 cursos alocados no Centro, sendo alguns deles com entrada de duas turmas por ano. O complexo do CT, possui 47 salas de aula, com capacidade variando de 25 a 50 alunos. No modelo as salas foram divididas de acordo com o seu tipo de mesa, sendo elas: 1. Mesa Escolar; 2. Mesa de Desenho Baixa e 3. Mesa de Desenho Alta. A designação das salas ocorre duas vezes ao ano (uma para cada semestre). Atualmente a alocação é feita manualmente por uma professora que realiza esta tarefa há muito tempo.

O objetivo do desenvolvimento do modelo matemático e sua posterior aplicação é designar as *i* disciplinas ofertadas para *j* salas de aulas disponíveis em *k* períodos, minimizando o número de vagas ociosas na sala (capacidade da sala divido pelo número de vagas ofertadas para a disciplina) somadas a distância entre as salas em que as disciplinas forem alocadas em relação ao departamento de origem das disciplinas. Como o problema é de grande complexidade utilizou-se a estratégia de dividi-lo em diferentes instâncias. Ao invés de executá-lo uma única vez para toda a semana, ele é dividido por turnos, executando-se primeiro segunda-feira pela manhã, após segunda-feira pela tarde e assim por diante. Foram adotados valores arbitrários para as distâncias conforme alguns critérios como, por exemplo, se a sala estivesse em um andar/prédio diferente do departamento ela receberia multiplicadores na sua distância. O modelo possui uma variável binária de decisão responsável por designar em qual sala *i* e período *k* a disciplina *j* foi alocada.

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, caso\ a\ disciplina\ j\ está\ alocada\ na\ sala\ i\ e\ período\ k \\ 0, caso\ contrário \end{cases}$$

As restrições essenciais do problema desenvolvido são as seguintes: uma sala não pode ter mais de uma disciplina alocada por período de tempo (timeslot), a capacidade da sala deve ser maior ou igual a demanda de vagas da disciplina, as disciplinas que necessitarem de mesa de desenho alta devem ser alocadas em salas que possuam este tipo de mesa, as disciplinas que necessitarem de mesa de desenho baixa devem ser alocadas em salas que possuam este tipo de mesa, todas disciplinas devem ser alocadas no timeslot que ocupam. As restrições não essenciais, também chamadas de restrições de qualidade, são as seguintes: a sala escolhida deve ter a menor distância em relação ao departamento possível e a sala deve ter a capacidade mais próxima do número de alunos da disciplina possível (não é desejável que as salas tenham capacidade ociosa, pois estariam sendo subaproveitadas). Os parâmetros adotados são os mesmos de Sales (2015), para a construção do modelo matemático as seguintes variáveis são definidas:

m – quantidade de disciplinas a serem alocadas (variável conforme o dia e turno);
n – quantidade de salas disponíveis para alocação (47 neste estudo de caso);
l – número de timeslots (períodos de tempo) disponíveis para a alocação de aulas;
C_j – capacidade de alunos da sala j;
P_i – número de vagas ofertadas pela disciplina i;
d_{ij} – distancia da sala j até o departamento em que a disciplina i é ofertada;
S – conjunto de salas j disponíveis para alocação;
OS_i – conjunto de períodos de tempo que a disciplina i ocupa;

SDA – conjunto das salas *j* que possuem mesa de desenho alta;
SDB – conjuntos das salas *j* que possuem mesa de desenho baixa;
DDA – conjunto das disciplinas *i* que necessitam de mesa de desenho alta;
DDB – conjunto das disciplinas *i* que necessitam de mesa de desenho baixa;
D1H – conjunto de disciplinas *i* que tem carga horária por turno de 1 hora consecutiva;
D2H - conjunto de disciplinas *i* que tem carga horária por turno de 2 horas consecutivas;
D3H - conjunto de disciplinas *i* que tem carga horária por turno de 3 horas consecutivas;
D4H - conjunto de disciplinas *i* que tem carga horária por turno de 4 horas consecutivas;
IS_i – timeslot de início da disciplina;
VI – conjunto dos pares (*i*, *j*), ou seja, (disciplina *i*, sala *j*) no qual a restrição de capacidade é respeitada ($C_j - P_i \geq 0$).

Segue abaixo o modelo matemático utilizado e as restrições aplicadas:

$$\mathbf{min} \sum_{(i,j)\in VI} \sum_{k \in OS_i} \left(\left(C_j / P_i \right) + d_{ij} \right) \times x_{ijk} \tag{1}$$

A equação (1) é a função objetivo do modelo, que busca minimizar o número de vagas ociosas e a distância entre as disciplinas *i* alocadas as salas *j* em relação ao departamento de origem das disciplinas, reduzindo esforço dos professores, que geralmente encontram-se nas salas próximas ao departamento.

Sujeito à

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ijk} = 1 , \forall k = 1, \dots , l \tag{2}$$

$$\sum_{j \in \{S \setminus SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 1, \forall i \in \{D1H \setminus DDA\} \tag{3}$$
$$\sum_{j \in \{S \setminus SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 2, \forall i \in \{D2H \setminus DDA\} \tag{4}$$
$$\sum_{j \in \{S \setminus SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 3, \forall i \in \{D3H \setminus DDA\} \tag{5}$$
$$\sum_{j \in \{S \setminus SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 4, \forall i \in \{D4H \setminus DDA\} \tag{6}$$

A equação (2) representa que cada disciplina *i* só poderá ocupar uma sala *j* por timeslot *k*. Considerando que o centro possui 47 salas e são usados geralmente 6 timeslots por período, isso nos indica que atualmente o número máximo de disciplinas que podem ser ofertadas são 282. As equações (3) a (6) indicam que as disciplinas *i* que ocupam 1 hora (conjunto *D1H*) devem ter um período de 1 hora alocados a ela, e assim por diante, até as disciplinas que ocupam 4 horas (*D4H*). Ou seja, a soma das variáveis das disciplinas que ocupem um certo conjunto de períodos (OS_i) deve ser igual ao número de períodos que essa variável ocupa. Nestas restrições são excluídas as salas *j* que possuem mesas de desenho alta (conjunto *DDA*). O critério de tomada de decisão para estas restrições foi o seguinte: as salas de mesa de desenho alta devem ser usadas unicamente para as disciplinas que a necessitam, enquanto as mesas de desenho baixo podem ser alocadas sem problemas para as disciplinas normais.

$$\sum_{j \in \{SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 1, \forall i \in \{D1H \cap DDA\} \tag{7}$$
$$\sum_{j \in \{SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 2, \forall i \in \{D2H \cap DDA\} \tag{8}$$
$$\sum_{j \in \{SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 3, \forall i \in \{D3H \cap DDA\} \tag{9}$$
$$\sum_{j \in \{SDA\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 4, \forall i \in \{D4H \cap DDA\} \tag{10}$$

$$\sum_{j \in \{SDB\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 1, \forall i \in \{D1H \cap DDB\} \tag{11}$$
$$\sum_{j \in \{SDB\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 2, \forall i \in \{D2H \cap DDB\} \tag{12}$$
$$\sum_{j \in \{SDB\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 3, \forall i \in \{D3H \cap DDB\} \tag{13}$$
$$\sum_{j \in \{SDB\}} \sum_{k \in OS_i} x_{ijk} = 4, \forall i \in \{D4H \cap DDB\} \tag{14}$$

As equações (7) a (10) têm o mesmo propósito das equações (3) a (6). A sua diferença é que elas restringem o conjunto de disciplinas *i* que ocupam as salas de desenho alta (*DDA*) ao conjunto de disciplinas *j* que possuem mesas de desenho alta (*SDA*). Isto é, todas as disciplinas que necessitam mesa de desenho alta e possuem 1 período devem ter 1 hora alocada para elas, e assim sucessivamente. As equações (11) a (14) são similares as equações anteriores, apenas diferindo que elas se aplicam as disciplinas que necessitam de mesas de desenho baixa.

$$(C_j - P_i) \times x_{ijk} \geq 0, \forall i = 1, \dots, m, \forall j = 1, \dots, n \; e \; \forall k = 1, \dots, l \quad (15)$$

A equação (15) restringe que a capacidade de alunos da sala (C_j) deve ser maior ou igual ao número de vagas ofertadas pela disciplina (P_i). Essa restrição é essencial para que não sejam alocadas disciplinas em salas que não suportem o número total de alunos.

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ijk} \leq 1, \forall j = 1, \dots, n \; e \; \forall k = 1, \dots, l \quad (16)$$

$$x_{ij(IS_i)} = x_{ij(IS_i+1)}, \forall i \in D2H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (17)$$

$$x_{ij(IS_i)} = x_{ij(IS_i+1)}, \forall i \in D3H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (18)$$
$$x_{ij(IS_i)} = x_{ij(IS_i+2)}, \forall i \in D3H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (19)$$
$$x_{ij(IS_i+1)} = x_{ij(IS_i+2)}, \forall i \in D3H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (20)$$

$$x_{ij(IS_i)} = x_{ij(IS_i+1)}, \forall i \in D4H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (21)$$
$$x_{ij(IS_i)} = x_{ij(IS_i+2)}, \forall i \in D4H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (22)$$
$$x_{ij(IS_i)} = x_{ij(IS_i+3)}, \forall i \in D4H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (23)$$
$$x_{ij(IS_i+1)} = x_{ij(IS_i+2)}, \forall i \in D4H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (24)$$
$$x_{ij(IS_i+1)} = x_{ij(IS_i+3)}, \forall i \in D4H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (25)$$
$$x_{ij(IS_i+2)} = x_{ij(IS_i+3)}, \forall i \in D4H \; e \; \forall j = 1, \dots, n \quad (26)$$

A equação (16) indica a sala *j* no timeslot *l* pode ter no máximo 1 disciplina alocada neles, impedindo que o modelo aloque diversas disciplinas na mesma sala no mesmo período. Como a variável x_{ijk} é binária, isso demonstra que teremos uma disciplina ou nenhuma em uma determinada sala e período. Já as equações (17) a (26) tem por objetivo que as disciplinas *i* alocadas as salas *j* permaneçam na mesma sala pelos timeslots consecutivos, de forma que o modelo não troque de sala uma disciplina que estiver sendo ministrada durante a troca de períodos.

$$x_{ijk} \in \{0 \; ou \; 1\}, \forall i = 1, \dots, m, \forall j = 1, \dots, n \; e \; \forall k = 1, \dots, l \quad (27)$$

Por fim, a equação (27) determina que a variável de decisão x_{ijk} é binária. Quando ela for positiva (1) significará que a disciplina *i* foi alocada na sala *j* durante o período *k*.

Segundo [SALES 2015] o diferencial deste modelo é a abordagem dividida em períodos (de uma a quatro horas). Ressalta-se que cada problema terá suas próprias particularidades e restrições e nem sempre poderá ser adaptado, necessitando as vezes ser inteiramente refeito.

4. Resultados Computacionais

A abordagem matemática de [SALES 2015] é muito interessante, porém a abordagem computacional é pouco prática para leigos. Desta forma, buscou-se manter os pontos positivos do modelo matemático e trabalhar em melhorias computacionais para a interface e usabilidade do modelo para a funcionária do Centro de Tecnologia encarregada pela alocação de salas.

Neste sentido utilizou-se o software Microsoft Excel e a linguagem VBA (*Visual Basic for Applications*). No modelo de [SALES 2015] os arquivos em relação à oferta de disciplinas, distância de salas e demais informações eram salvos em bloco de notas no formato .txt e dados inseridos manualmente. Assim, desenvolveu-se um algoritmo que armazena os dados em planilhas do Excel e calcula as distâncias automaticamente. Optou-se pelo Excel por ser um software em que a funcionária possui conhecimento e experiência. Além disso ele encontra-se instalado na maioria dos computadores do Centro e dificilmente encontrará problemas de compatibilidade.

O algoritmo desenvolvido funciona em 4 passos: inserção dos dados, cálculo de distâncias, alocação de salas e apresentação dos resultados. Cada fase é executada individualmente, exceto a apresentação de dados, que é exibida automaticamente após a alocação. O motivo dessa abordagem é o seguinte: alguns professores antigos do centro têm preferência por salas específicas e seria muito trabalhoso inseri-las diretamente na modelagem matemática, dessa forma é inserido um valor baixo na planilha de distâncias entre a disciplina que o professor irá ministrar e a sala desejada de forma que o problema acabe alocando-a em função da baixa distância.

A alocação de das salas é realizada através da API UFFLP, que executa o solver GLPK 4.47 e retorna os resultados para o Excel. O computador utilizado para a execução é um Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz com 8GB de memória RAM. O tempo de execução do solver mais alto foi de 0,092, e o maior número de iterações foram 58. O tempo de execução do algoritmo no Excel varia conforme o número de disciplinas, porém o máximo atingido foi de 1 segundo e meio, e o mínimo inferior a 1 segundo. Os tempos podem ser verificados na tabela 1. Um detalhe interessante é que nem sempre o turno com mais disciplinas será necessariamente o que levará mais tempo para ser alocado, mas sim o que houver mais restrições quanto ao tipo de mesas. Nas figuras 1 e 2 podem ser visualizados a planilha desenvolvida e sua facilidade de uso.

	t Execução Excel	*t Solver*	*Iterações*	*n Disciplinas*
Segunda Manhã	0,91	0,062	324	63
Segunda Tarde	1,3885	0,092	541	74
Terça Manhã	1,1985	0,072	581	76
Terça Tarde	1,477	0,072	381	68
Quarta Manhã	1,071	0,062	473	68
Quarta Tarde	1,136	0,032	365	66
Quinta Manhã	0,963	0,032	304	60
Quinta Tarde	1,1055	0,032	402	64
Sexta Manhã	0,791	0,042	238	49
Sexta Tarde	0,565	0,022	108	30
Menor Valor	0,565	0,022	108	30
Maior Valor	1,477	0,092	581	76

Tabela 1- Tempos de execução do algoritmo em segundos

A figura 1 demonstra a planilha inicial em que o usuário utilizará para calcular as distâncias e alocar as salas após a entrada dos dados. A figura 2 mostra a planilha de cálculo de distâncias das disciplinas as salas, na primeira linha estão dispostas as salas e na primeira coluna as disciplinas. Essas distâncias são calculadas a partir do código da disciplina, que possui um identificador do departamento que está oferecendo-a. Após a leitura são atribuídos pesos conforme os atributos: salas no mesmo andar do departamento, salas em outro andar e salas em outros prédios. A planilha das distâncias pode ser alterada manualmente para alocar as disciplinas preferenciais à alguns professores, caso seja desejado.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Calcular Distâncias			Designar Salas					
3										
4	Salas		Horários							
5			07:30:00	08:30:00	09:30:00	10:30:00	11:30:00	12:30:00		
6			13:30:00	14:30:00	15:30:00	16:30:00	17:30:00	18:30:00	19:30:00	20:30:00
7			1	2	3	4	5	6	7	8
8	1	203	EPG1012	EPG1012	EPG1012	EPG1071	EPG1071			
9	2	206	EPG1001	EPG1001	EPG1001	EPG1008	EPG1008			
10	3	218		ELC1076	ELC1076	ELC119)	ELC119)			
11	4	219		ELC1042	ELC1042	DEM1011	DEM1011			
12	5	220		ELC030/	ELC030/	ELC1001	ELC1001			
13	6	221		ELC1012	ELC1012	DPS1004	DPS1004			
14	7	224		ELC1038	ELC1038	ELC139)	ELC139)			
15	8	235		ELC1097	ELC1097	ELC1006	ELC1006			
16	9	236		ELC1011	ELC1011	DPS1030	DPS1030			
17	10	315	DEM1008	DEM1008	DEM1008	DEM1021	DEM1021			
18	11	318	DEM1006	DEM1006	DEM1006	ESP1041	ESP1041			
19	12	320	ESP1009	ESP1009	DEM2031	DEM2031	DEM2031			
20	13	323	DEM1000	DEM1000	DEM1000	DPS1045	DPS1045			
21	14	326		DPS1026	DPS1026	DPS1026	DPS1026			
22	15	151	EAC1005	EAC1005	EAC1005	HDS1025	HDS1025			
23	16	152		DEQ)105	DEQ)105	HDS1003	HDS1003			
24	17	155		HDS1003	HDS1003					
25	18	160		HDS5053	HDS5053					
26	19	161			HDS1007	HDS1007	HDS1007	HDS1007		
27	20	164		ELC1011	ELC1011					
28	21	165			ELC1021					
29	22	251		DPS1029	DPS1029	ECC1012	ECC1012			
30	23	252		ESP1045	ESP1045	ECC1004	ECC1004			
31	24	255	ECC1003	ECC1003	ECC1003	ESP1054	ESP1054			
32	25	258	ECC520)	ECC520)	EPG1019	EPG1019	EPG1019			
33	26	259	ECC1030	ECC1030		ESP1025	ESP1025			
34	27	260	ECC1006	ECC1006	ESP1010	ESP1010				

Figura 1 - Planilha utilizada para alocar as salas e demonstrar os resultados ao usuário

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		203	206	218	219	220	221	224
2	EPG1005	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3	EPG1012	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4	EPG1001	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
5	EPG1003	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
6	EPG1000	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
7	EPG1019	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	EPG1020	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
9	EPG1071	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
10	EPG1008	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	EPG1018	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	DEQ1046	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
13	DEQ1001	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
14	DEQ)105	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
15	DEQ1002	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
16	DEQ1019	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000

Figura 2 – Planilha de distâncias

5. Considerações finais

Neste trabalho foi proposto uma solução para o problema de alocação de salas do Centro de Tecnologia – CT UFSM, em que há uma facilidade de uso e rapidez na resolução do problema. O problema de alocação de salas é um problema da classe NP-*hard* e até hoje não existem métodos na literatura que sejam universais ou melhores em todas as situações. Até mesmo a servidora responsável pela alocação de salas, que possui um enorme *know-how* sofre diversas reclamações ao longo do semestre devido as opções pessoais de professores. Esta planilha foi desenvolvida como ferramenta de apoio à decisão, por isso sua possibilidade de alteração de valores e uso de softwares já conhecidos. O seu uso é sugerido para auxiliar a alocação de salas, mas não para substituir inteiramente a análise crítica do alocador.

Como objetivo para futuros trabalhos deseja-se adicionar o nome dos professores a planilha para que o modelo possa alocar os professores que tenham outras disciplinas após o termino da sua serem alocados na mesma sala, para melhor conveniência. Também se sugere o teste de outro solver, como o CPLEX, para comparar os tempos de computação. A criação de um banco de dados integrado com o sistema interno da UFSM seria outro facilitador. Por fim, o uso de métodos metaheurísticos possibilitariam resolver o problema sem dividi-lo em turnos ou explorar mais algumas características.

Referências

ALVAREZ-VALDES, Ramon; CRESPO, Enric; TAMARIT, Jose M. Design and implementation of a course scheduling system using Tabu Search. **European Journal of Operational Research**, v. 137, n. 3, p. 512-523, 2002.

CARTER, Michael W.; TOVEY, Craig A. When is the classroom assignment problem hard?. **Operations Research**, v. 40, n. 1-supplement-1, p. S28-S39, 1992.

FREIRE, Junot; MELO, Rafael A. Formulações, heurísticas e um limite combinatório para o problema de alocação de salas de aula com demandas flexíveis. **XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Vitória, ES. Anais do XLVIII SBPO**, 2016.

JARDIM, Arydiane Magalhães; SEMANN, Gustavo Silva; PENNA, Puca Huachi Vaz. Uma heurística para o problema de programação de horários: um estudo de caso. **XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Vitória, ES. Anais do XLVIII SBPO**, 2016.

KRIPKA, R.M.L., & KRIPKA, M. Alocação de Salas Objetivando a Minimização de Deslocamento dos Alunos pelo Campus Central da Universidade de Passo Fundo. **CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA COMPUTACIONAL, 34., 2012, Águas de Lindóia. Anais eletrônicos, Águas de Lindóia: SBMAC**, 2012.

KRIPKA, R. M. L.; KRIPKA, M.; SILVA, M. C. Formulação para o problema de alocação de salas de aula com minimização de deslocamentos." **XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional", Ubatuba, SP. Anais do XLIII SBPO**, 2011.

PRADO, Alan Souza; SOUZA, SR de. Problema de alocação de salas em cursos universitários: um estudo de caso. **Anais do XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 2054-2065, 2014.

SALES, E. S.; MÜLLER, F. M.; SIMONETTO, E. L. Solução do Problema de Alocação de Salas Utilizando um Modelo Matemático Multi-índice. **Anais do XLVII SBPO**, p. 2596-2607, 2015.

SALES, Elijeane dos Santos; MÜLLER, Felipe Martins. Problema de alocação de salas e a otimização dos espaços no centro de tecnologia da UFSM. 2015. 120 f. **Dissertação (Mestrado em Administração) – Centro de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria. 2015.

SUBRAMANIAN, Anand et al. Aplicação da metaheurística busca tabu na resolução do problema de alocação de salas do centro de tecnologia da UFPB. **Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1, 2006.