



**XXIV**  
**SBPPO**  
**SALVADOR**

**XXIV SIMPÓSIO  
BRASILEIRO DE PESQUISA  
OPERACIONAL**

**SALVADOR - OTHON PALACE HOTEL  
25 a 27 DE NOVEMBRO DE 1992**

**ANAIS DO CONGRESSO**

Anais dos Resumos Estendidos do  
XXIV SBPO - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL

25 a 27-11-92  
OTHON PALACE HOTEL, SALVADOR - BA

Organizado pela:  
SOBRAPO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional

PUBLICADO EM 1995

DISTRIBUIÇÃO DE HORÁRIOS EM ESCOLAS UTILIZANDO-SE PROGRAMAÇÃO  
INTEIRA NO SAS (SAS Institute Inc., 1989)

João Carlos Vianna de Oliveira  
CIAGRI/ESALQ-USP  
José Vicente Caixeta Filho  
CIAGRI/ESALQ-USP  
Marcelo Zacarias da Silva  
CIAGRI-USP  
Marcelo Correa Alves  
CIAGRI-USP

**ABSTRACT**

The present paper aimed the application of operational research to problems of timetabling in schools, through a case study.

The case was survided in a teaching institution at Piracicaba city, and it was consisted of the distribution of teachers and subjects among various classrooms, being the model formulated solved with integer programming techniques.

The SAS system version 6.06 (SAS Institute Inc., 1989) was the basic software used, with its Operational Research (OR) module, initially using 16 bits microcomputers, which was impracticable. In view of that, it was necessary to make use of either mainframes or workstations.

**RESUMO**

O presente trabalho objetivou a aplicação da pesquisa operacional em problemas de distribuição de horários em escolas, através de um estudo de caso.

O caso foi levantado junto a uma instituição de ensino da cidade de Piracicaba (SP), que consistiu na distribuição de professores e disciplinas entre várias salas de aula, foi resolvido com o auxílio de técnica de programação linear inteira.

O "software" básico utilizado foi o "SAS" versão 6.06 (SAS Institute Inc., 1989), módulo de pesquisa operacional "OR" (Operational Research), sendo que para o caso estudado mostrou-se inviável o processamento em microcomputador de 16 bits, havendo a necessidade de se migrar para máquinas de maior porte.

**INTRODUÇÃO**

A definição de horários escolares tem sido por muitas vezes um grande gargalo para administradores e, quando resolvido, sempre de maneira empírica, por métodos de tentativa e erro.

A possibilidade de utilização de técnicas de pesquisa operacional, através de otimização combinatória, se torna viável a partir da possibilidade de acesso a "software" mais flexíveis quanto à dimensão do problema, e plataformas computacionais eficientes para tal.

O caso apresentado diz respeito à distribuição de horários em escola de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> Graus, no município de Piracicaba (SP), sendo apresentada neste trabalho a metodologia utilizada para resolução do problema de horários das salas de 5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries.

### MODELAGEM DO PROBLEMA

A estrutura de modelagem proposta diz respeito, basicamente, à otimização do horário das disciplinas nas salas de aulas.

Deverá ser então maximizada a distribuição de aulas, respeitando-se as limitações físicas (em um mesmo horário, a princípio, um professor poderá estar dando uma única aula), assim como as disponibilidades máximas do professor na semana e as cargas horárias previstas para as salas de aula.

As variáveis  $X_{i,j,k,l}$ , inteiras, serão do tipo zero-um, ou seja, terão como significado de seus possíveis valores a realização daquela aula (1) ou não (0).

De uma maneira genérica:

$$\text{MAX} \sum_{i=1}^{15} \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^5 X_{ijkl} \quad (\text{I})$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^{15} X_{ijkl} \leq 1.0 \quad (\text{II})$$

$$\sum_{j=1}^9 X_{ijkl} \leq 1.0 \quad (\text{III a})$$

$$\sum_{j=1}^9 X_{ijkl} \leq 3 \quad (\text{III b})$$

$$\sum_{k=1}^6 \sum_{l=1}^5 X_{ijkl} \leq \text{TOT}_{ij} \quad (\text{IV})$$

$$\sum_{i=7}^8 \sum_{j=1}^9 X_{ijk1} \leq 1.0 \quad (V)$$

Note-se, portanto, que a limitação física é expressa em (II); a disponibilidade do número de salas por professor é dada por (III a); os professores que necessitam dar aula em mais de uma sala ao mesmo tempo é dada por (III b); a carga horária por disciplina em (IV); a limitação para o professor que dá aula em mais de uma disciplina é dada por (V), e a função objetivo em (I).

## RESULTADOS

A solução inteira foi alcançada com apenas 7 iterações do algoritmo "branch-and-bound", utilizado pelo SAS (SAS Institute Inc., 1989) para resolução de problemas de programação inteira.

Não se obteve a informação, a partir dos resultados, quanto ao tempo necessário para a resolução do problema, podendo-se estimar que 12 horas de processamento tenham sido suficientes. Essa informação é extremamente variável em função do nível de utilização da máquina durante o processamento do problema específico. De qualquer forma, o tempo de processamento está diretamente correlacionado com o número de restrições, tipo de restrições e número de variáveis.

O valor da função objetivo para a solução ótima foi igual a 289, o que significa um total de 289 variáveis selecionadas ou 289 aulas definidas por semana. A partir desse resultado, foram geradas tabelas de horários para salas e professores conforme ilustrado em anexo. Note-se que os horários foram preenchidos adequadamente, sem a ocorrência de mais de uma professor por sala ou de um mesmo professor dando aula em mais de uma sala.

Os casos específicos foram respeitados: para o professor de educação física, que necessita juntar mais de uma sala de aula, assim como para os professores que dão aula em duas disciplinas, não foram observados conflitos.

A plataforma computacional (IBM 4381) mostrou-se de relativa eficiência, havendo necessidade de plataformas computacionais de melhor desempenho para resolução de problemas maiores.

## BIBLIOGRAFIA

- AUBIN, J. Scheduling Ambulances. *Interfaces* 22:2 March-April 1-10. 1992.
- CAIXETA FILHO, J.V.; OLIVEIRA, J.C.V. de; ALVES, M.C. & ANEFALOS, L. C. Utilização da programação inteira para distribuição de tarefas. II Reunião Paulista de Iniciação Científica Ciências Agrárias. Piracicaba, 9 a 11 de dezembro 1991.
- CARTER, M.W. A survey of practical applications of examination timetabling algorithms. *Operational Research*, Março-Abril 193-202. 1986.
- COHEN, M. A decision Support System Prototype for Network Problems. 11<sup>a</sup> Annual Conference, SAS User' Group International. Atlanta, Georgia. 94-102. 1986.
- EGGESTON, A. A Phosphate product Mix Using the LP Procedure. 9<sup>a</sup> Annual Conference, SAS User' Group International. Hollywood Beach, Florida. 95-99. 1984.
- GIBLEY, R.A. Using Proc LP to Optimize a Common Stock Portfolio. 10<sup>a</sup> Annual Conference, SAS User' Group International. Reno, Nevada. 61-74. 1985.
- HILLIER, F.C. & LIEBRMAN, G.J. Introdução a pesquisa operacional. 3 ed. Rio de Janeiro. Editora Campos. 1988.
- SAS. Statistical Analysis System. SAS Institute Inc., Cary, NC USA. 1989.
- SAS/OR User's Guide, Version 6, First edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1989. 479p.
- TRIPATHY, A. School Timetabling - A Case of Large Binary, Linear Integer Programming. *Management Science*. 30, 1473-1489. 1984.
- WALKER, D.R. A rotation Scheduling Model Using Proc LP. 10<sup>a</sup> Annual Conference, SAS User' Group International. Reno, Nevada 33-38. 1985.

ANEXO: Distribuicao otima de aulas por sala.

Horario	DIA								
	1								
	SALA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13-i	11-h	5-m	1-p	12-g	4-m	9-c	7-a	8-c
2	12-g	13-i	5-m	10-h	1-p	7-m	4-m	8-c	11-h
3	7-a	1-p	12-g	9-c	13-i	4-m	3-p	8-c	5-m
4	7-a	5-m	11-h	4-m	9-c	10-h	12-g	1-p	13-i
5	11-h	1-p	12-g	9-c	4-m	7-m	10-h	8-c	3-p
6	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Horario	DIA								
	2								
	SALA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	14-EDF	14-EDF	12-g	14-EDF	10-h	14-EDF	1-p	5-m	7-a
2	14-EDF	8-c	14-EDF	13-i	7-a	1-p	14-EDF	12-g	11-h
3	1-p	5-m	8-c	13-i	14-EDF	12-g	14-EDF	7-a	14-EDF
4	1-p	14-EDF	13-i	7-a	14-EDF	14-EDF	10-h	11-h	12-g
5	5-m	11-h	8-c	12-g	10-h	7-a	1-p	■	6-m
6	■	■	■	■	■	■	■	10-h	1-p

Horario	DIA								
	3								
	SALA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-p	14-EDF	5-m	12-g	9-c	13-i	7-m	14-EDF	10-h
2	12-g	2-p	8-c	4-m	1-p	14-EDF	9-c	13-i	7-a
3	1-p	12-g	14-EDF	2-p	14-EDF	10-h	13-i	3-p	14-EDF
4	2-p	1-p	5-m	10-h	4-m	9-c	7-m	13-i	12-g
5	8-c	7-a	1-p	2-p	4-m	12-g	9-c	3-p	5-m
6	■	■	■	■	■	■	■	1-p	12-g

Horario	DIA								
	4								
	SALA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8-c	5-m	11-h	10-h	7-a	13-i	3-p	12-g	1-p
2	8-c	13-i	1-p	4-m	12-g	3-p	7-a	11-h	5-m
3	12-g	8-c	5-m	7-a	10-h	1-p	13-i	6-m	3-p
4	5-m	8-c	1-p	12-g	4-m	7-a	10-h	11-h	6-m
5	5-m	7-a	11-h	1-p	12-g	3-p	4-m	6-m	10-h
6	■	■	■	■	■	■	■	5-m	6-m

Horario	DIA								
	5								
	SALA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5-m	2-p	7-a	1-p	13-i	9-c	12-g	10-h	8-c
2	11-h	5-m	13-i	4-m	2-p	9-c	7-a	12-g	1-p
3	11-h	12-g	14-EDF	9-c	2-p	1-p	4-m	5-m	13-i
4	13-i	11-h	7-a	4-m	1-p	10-h	12-g	14-EDF	8-c
5	14-EDF	5-m	2-p	14-EDF	4-m	12-g	1-p	6-m	11-h
6	5-m	12-g	2-p	14-EDF	9-c	4-m	14-EDF	1-p	14-EDF

Legenda: i - aula com professor i da disciplina  
 ■ - horario vago