

**AMANDA SÁVIO NASCIMENTO E SILVA**

**ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO, MEDIANTE RECOZIMENTO SIMULADO, DO  
PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SALAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador  
Prof. Rudini Menezes Sampaio  
Co-Orientador  
Mário Luiz Rodrigues Oliveira

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2005



Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos e sobrinho, sem o apoio da minha família eu não teria a base que precisei para erguer esta conquista. Amo vocês.



## **Agradecimentos**

Agradeço à Deus, pelo dom da vida e pela maravilha do mundo; aos meus pais, Doralice e Geraldo, pelo amor, confiança e incentivo. Amo vocês, serei eternamente grata. Obrigada pelos vários ensinamentos e bons exemplos.

Agradeço aos meus irmãos Rubens, Ramon, meu sobrinho amado Arthur e minha cunhada predileta Rosângela pela força e conselhos que sempre me deram; aos meus amigos, em especial a Maria, Juliana, Júlia e Fábio, com que dividi não só a república, mas também momentos inesquecíveis. Sem vocês não teria graça.

Obrigada, Adriano e Leonardo pelas dicas valiosas da linguagem Java e disposição que sempre tiveram para tirar minhas dúvidas.

Obrigada meu amor, Neném, pelo incentivo, compreensão, dedicação e amor concedido, tenha certeza que o recíproco é verdadeiro.

Agradeço também ao professor Fortunato Menezes do DEX-UFLA por ter sido quem me apresentou a área de Otimização e orientou-me por dois anos em projetos de Iniciação Científica. Obrigada Fortunato pela dedicação e amizade.



Ousar é perder o equilíbrio momentaneamente, não ousar é perder-se.  
A maior perda da vida é o que morre dentro de nós enquanto vivemos. *Carpe diem.*  
(A autora)

## Resumo

Este trabalho trata do estudo e da implementação do Problema de Alocação de Salas (PAS). Visto que este problema é *NP- Difícil*, alguns métodos heurísticos têm sido propostos para resolvê-lo. Os métodos heurísticos encontram uma boa solução melhorando uma solução inicial através de técnicas de pesquisas em vizinhanças. Como exemplo de métodos heurísticos usados para tratar deste problema pode-se citar a Recozimento Simulado (*Simulated Annealing*). Este trabalho além do estudo do Problema de Alocação de Salas relata uma experiência com utilização da técnica Recozimento Simulado, que ao contrário de métodos convencionais, aceitam movimentos de piora como forma de escapar de ótimos locais. Para implementação do algoritmo usou-se a linguagem de programação Java e três instâncias distintas do PAS foram testadas no programa. A eficiência do método proposto é avaliada fazendo-se uma análise dos resultados obtidos e observações em relação a outros resultados existentes.

**Palavras-Chaves:** Problema de Alocação de Salas, Recozimento Simulado.

## Abstract

This work deals with the study and implementation of the Class Allocation Problem (CAP). Since it is a NP-hard problem, some heuristic methods have been proposed to solve it. The heuristic methods usually find a good solution by improving the initial solution through the technique of neighbouring search. The Simulated Annealing (SA) is an example of heuristic methods used to deal with this sort problem. Besides the study of the Class Allocation Problem, we report the experience of the Simulated Annealing, which differently of the conventional methods, accept worsen movements as a way to escape of local optimals. The JAVA language was used to implement the algorithm and three different instances were used to test the program. The efficiency of the method proposed is evaluated by making an analysis of the results obtained and the comparison of others existent results.

**Key-words:** Class Allocation Problem, Simulated Annealing.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Considerações Iniciais .....	1
1.2	Objetivos e Justificativas .....	2
1.3	Organização do Trabalho.....	3
2	PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO .....	4
2.1	Introdução .....	4
2.2	Definição.....	4
2.3	Problemas de Otimização Combinatória .....	5
2.4	Considerações Finais .....	6
3	TÉCNICAS HEURÍSTICAS DE OTIMIZAÇÃO .....	8
3.1	Introdução .....	8
3.2	Definição de Heurística .....	8
3.3	Busca Local.....	10
3.4	Método de Descida.....	10
3.5	Definição de Metaheurística .....	10
3.6	Recozimento Simulado ( <i>Simulated Annealing</i> ) .....	12
3.7	Considerações Finais .....	17
4	PROBLEMAS DE HORÁRIO .....	18
4.1	Introdução .....	18
4.2	Definição.....	18
4.3	Viabilidade x Otimalidade.....	20
4.4	Complexidade .....	20
4.5	Automação do Problema .....	22
4.6	Considerações Finais .....	23
5	PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SALAS .....	24
5.1	Introdução .....	24
5.2	Visão Geral sobre o PAS .....	24
5.3	Modelagem do Problema.....	25
5.3.1	Representação.....	25
5.3.2	Estrutura de Vizinhança.....	25
5.3.3	Função Objetivo .....	27
5.4	Considerações Finais .....	29
6	METODOLOGIA.....	30
6.1	Proposta de Resolução do PAS mediante a técnica Recozimento Simulado .....	30
6.2	Detalhes de Implementação Relacionados ao PAS e a TS .....	38

7	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	40
8	CONCLUSÕES.....	57
9	TRABALHOS FUTUROS .....	58
	ANEXO A: DETALHES DA INSTÂNCIA III.....	59
	ANEXO B: EXEMPLOS DE ALOÇÕES GERADAS.....	67
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 Representação Gráfica para o Problema de Minimização .....	5
Figura 3. 1 Estado Desordenado das Moléculas da Matéria em Fusão .....	13
Figura 3. 2 Estado Desordenado das Moléculas Consecutivo a um Resfriamento Rápido .	13
Figura 3. 3 Estado Ordenado da Matéria Consecutivo a um Resfriamento Lento .....	14
Figura 3. 4 Algoritmo Recozimento Simulado .....	15
Figura 5. 1 Exemplo de uma Alocação .....	25
Figura 5. 2 Movimento de Realocação .....	26
Figura 5. 3 Movimento de Troca .....	26
Figura 6. 1 Tela Cadastro de Turmas.....	31
Figura 6. 2 Tela Cadastro de Salas .....	32
Figura 6. 3 Tela Cadastro de Disciplina.....	33
Figura 6. 4 Tela Lançamento de Aulas - Definição de Horários.....	34
Figura 6. 5 Tela Lançamento de Restrições de Salas .....	35
Figura 6. 6 Tela Cadastro de Parâmetros .....	37
Figura 6. 7 Solicitação do Arquivo (HTML) .....	38
Ilustração 7. 1 Alocação Semanal Inicial 1 .....	45
Ilustração 7. 2 Alocação Semanal Final.....	50
Ilustração B 1 Alocação Semanal Inicial I.....	63
Ilustração B 2 Alocação Semanal Final I.....	67
Ilustração B 3 Alocação Semanal Inicial II.....	71
Ilustração B 4 Alocação Semanal Final II .....	75
Ilustração B 5 Alocação Semanal Inicial III .....	79
Ilustração B 6 Alocação Semanal Final III .....	86
Ilustração B 7 Alocação Semanal Inicial IV .....	92
Ilustração B 8 Alocação Semanal Final IV .....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 7 1 Instâncias Testadas .....	40
Tabela 7 2 Resultados Computacionais .....	44
Tabela A 1 Código e Capacidade das Salas .....	59
Tabela A 2 Código e Demanda das Turmas.....	60
Tabela A 3 Salas com Restrições de Uso.....	61

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A área de concentração deste trabalho é o Problema de Alocação de Salas (PAS). Este problema é tratado como parte integrante do Problema de Programação de Cursos Universitários (*course timetabling*), pertencendo assim a categoria de Problemas de Programação de Horários (PPH). A conhecida dificuldade desses problemas já é uma grande motivação para este trabalho.

Uma grande variedade de Problemas de Programação de Horários têm sido descritos e muitos caminhos diferentes para a sua solução têm sido propostos. São exemplos destes problemas: (a) problemas onde não existe um currículo fixo e os estudantes podem compor seu programa com disciplinas obrigatórias e eletivas. Nestes problemas, a atribuição é feita por disciplinas através dos possíveis horários na semana, considerando-se as escolhas dos estudantes; (b) problemas no qual o escalonamento se baseia em grupos de disciplinas fixas para cada turma e a atribuição de professores a cada disciplina é feita previamente. (c) escalonamento de estudantes; (d) escalonamento de professores; (e) escalonamento de exames; (f) escalonamento de salas de aula, que é o objeto de estudo deste trabalho. Este problema diz respeito a distribuição de aulas a salas, com horários previamente estabelecidos respeitando um conjunto de restrições de várias naturezas.

O PAS é um Problema de Otimização Combinatória bastante estudado. Ele é um problema NP-Difícil EVEN et al. (1976) e CARTER (1992), inviabilizando a resolução manual do Problema de Alocação de Salas, e impossibilitando sua resolução por métodos de programação matemática, ditos exatos, para grandes instâncias.

Uma vez que não é possível encontrar a solução ótima do PAS em tempo razoável, esse problema é normalmente tratado através de técnicas heurísticas e/ou algoritmos aproximativos, que apesar de não garantirem encontrar a solução ótima do problema, são capazes de retornar uma solução de qualidade em um tempo adequado para as necessidades da aplicação. Ressalta-se que dentre as heurísticas, merecem especial atenção

as chamadas metaheurísticas, que surgiram como uma alternativa para amenizar a dificuldade que os métodos heurísticos tem de escapar dos chamados ótimos locais. Sem essa dificuldade, as metaheurísticas podem partir em busca de regiões mais promissoras no espaço de soluções viáveis.

## 1.2 Objetivos e Justificativas

Sabe-se que o PAS é um Problema de Otimização Combinatória, tratado normalmente por técnicas heurísticas e classificado como parte integrante do Problema de Alocação de Horários.

O presente trabalho tem como um dos objetivos proporcionar a compreensão do Problema de Alocação de Salas. Para tanto, itens importantes relacionados ao PAS e sua resolução, como Problemas de Otimização, técnicas heurísticas e Problemas de Horários, foram estudados e são tratados de maneira sucinta neste trabalho. Ressalta-se que uma descrição aprofundada de tais conceitos tornaria este trabalho desnecessariamente longo e fugiria do escopo proposto.

Outro objetivo, não menos importante, é propor e analisar a experiência com a implementação da metaheurística Recozimento Simulado (*Simulated Annealing*) na resolução do Problema de Alocação de Salas. A aplicação da Recozimento Simulado a Problemas de Horários conforme observado na literatura, tem tido relativo sucesso.

Para a implementação do PAS serão consideradas 3 (três) instâncias testes, sendo uma baseada no caso real do Problema de Alocação de Salas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Justifica-se que tal instância seja baseada no problema real do ICEB pelo fato de que não foi possível conseguir todas as informações relevantes a este problema e sua resolução, estando apenas disponíveis o número de turmas, horários das aulas e número de salas do Instituto. As outras duas instâncias são fictícias. Contudo, procurou-se manter a proporção entre o número de aulas e salas observado em problemas reais. Ressalta-se que para que o programa desenvolvido seja usado para outras instâncias basta atualizar o Banco de Dados.

Se a alocação de salas de qualquer uma das instâncias citadas fosse gerada manualmente, devido ao grande número de variáveis e restrições que devem ser atendidas para obtenção de uma solução ótima ou próxima da ótima, a alocação manual poderia ser

insatisfatória com relação à vários aspectos, como por exemplo, salas superlotadas, aulas de disciplinas distintas alocadas em uma mesma sala em um mesmo horário, salas com restrições de uso com um número excessivo de aulas alocadas, utilização ineficiente do espaço (turmas pequenas em salas de grande capacidade).

Uma vez que o Problema de Horários (consequentemente o Problema de Alocação de Salas) é de difícil generalização, sendo desenvolvido na maioria das vezes, para atender a uma instituição específica, dado que há uma diversidade de regimes que variam de instituição para instituição, não existe na literatura um conjunto de problemas que possa ser usado na avaliação de algoritmos. Sendo assim, pretende-se avaliar o algoritmo implementado através da observação crítica da solução gerada pelo programa, avaliando-se, por exemplo, quantas inviabilidades o programa retirou de uma solução inicial para gerar a solução final e ainda faz-se uma observação do método proposto em relação ao método já existente na literatura através da comparação do desvio percentual médio em relação a melhor solução encontrada neste trabalho.

Em suma, pretende-se, além do conhecimento obtido com o estudo do PAS e exposição de uma visão geral sobre o mesmo, contribuir de maneira eficiente com o estado da aplicação de uma técnica heurística baseada na Recozimento Simulado à resolução do Problema de Alocação de Salas.

### **1.3 Organização do Trabalho**

Este trabalho é organizado da seguinte forma. Os capítulos 2 e 3 apresentam conceitos importantes para o entendimento do Problema de Alocação de Salas, bem como explicações sobre o método a ser utilizado para a resolução do PAS. O capítulo 4 trata do Problema de Horários, uma vez que o PAS é visto como parte integrante deste. O capítulo 5 apresenta o Problema de Alocação de Salas, sua modelagem e representação. O capítulo 6 descreve a metodologia que conduziu o presente trabalho. O capítulo 7 apresenta os resultados obtidos e discussões sobre os mesmos. O capítulo 8 traz a conclusão do trabalho e pretensão para trabalhos futuros. Os Anexos A e B trazem respectivamente detalhes sobre a Instância III e exemplos de alocações geradas pelo sistema. Por fim o capítulo 9 apresenta as referências bibliográficas citadas durante o texto e pesquisadas durante o trabalho.

## 2 PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO

### 2.1 Introdução

Otimização é o processo de encontrar a melhor solução, também conhecida como solução ótima, de um conjunto de soluções viáveis ou possíveis para um problema.

Este capítulo trata da definição do Problema de Otimização e define Problemas de Otimização Combinatória.

### 2.2 Definição

Conforme PAPADIMITRIOU & STEIGLITZ (1982), uma instância de um Problema de Otimização consiste no par  $(F, c)$ , onde  $F$  é um conjunto qualquer, constituído pelos pontos viáveis, e  $c$  é uma função de custo, um mapeamento  $c: F \rightarrow R$ .

O problema consiste em encontrar um  $f \in F$  tal que:  $c(f) \leq c(g) \forall g \in F$ .

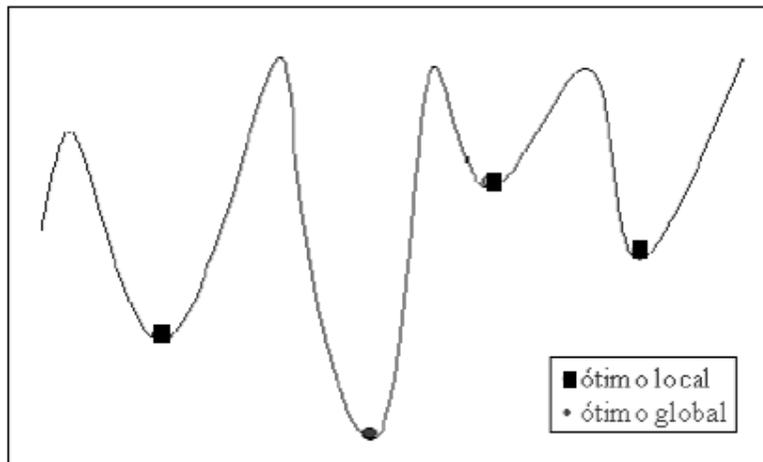
Cada ponto  $f$  é denominado ótimo global para a instância, e é comumente referenciado por ótimo.

Os principais constituintes de um Problema de Otimização são:

- Vizinhança: dado um ponto viável  $f \in F$  num determinado problema com instâncias  $(F, c)$ , sua vizinhança consiste no mapeamento  $N: F \rightarrow 2^F$  definido para cada instância.
- Ótimo Local e Global: em certas instâncias de problemas, encontrar uma solução ótima pode ser uma tarefa impossível do ponto de vista computacional. Nesses casos, há como encontrar uma solução  $f$ , sendo essa a melhor solução na vizinhança  $N(f)$ .

Em uma instância  $(F, c)$  de um Problema de Otimização, com vizinhança  $N$ , a solução viável  $f \in F$  é definida como sendo ótimo local em relação à  $N$  se  $c(f) \leq c(y) \forall y \in N(f)$ .

Na Figura 2.1, é mostrada a representação gráfica, de um ótimo local em um problema típico de minimização.



**Figura 2.1 Representação Gráfica para o Problema de Minimização**

Ainda segundo PAPADIMITRIOU & STEIGLITZ (1982), os problemas de otimização podem ser divididos em duas categorias: problemas com variáveis contínuas e com variáveis discretas, também conhecidos como Problemas de Otimização Combinatória.

Sabe-se que o PAS pertence a classe de Problemas de Otimização Combinatória (EVEN et al., 1976).

## 2.3 Problemas de Otimização Combinatória

Nesta classe de problemas, a otimização trata basicamente do estudo matemático para encontrar agrupamentos, arranjos ou seleção ótima de objetos discretos, logo, não permitindo, a utilização de métodos clássicos de Otimização Contínua (RAO, 1978).

Problemas de Otimização Combinatória ocorrem em áreas tão diversas como projetos de sistemas de distribuição de energia elétrica, posicionamento de satélites,

projetos de computadores e de chips VLSI, roteamento ou escalonamento de veículos, alocação de trabalhadores, máquinas a tarefas, empacotamento de caixas em *containers*, corte de barras e placas, sequenciamento de genes e DNA, classificação de plantas e animais, (LUNA & GOLDBARG, 2000).

Em RAUPP (2003) o Problema de Otimização Combinatório é definido da seguinte maneira:

“Encontrar um vetor de variáveis de decisão (solução) que satisfaça algumas restrições e otimize uma função objetivo”. Formalmente, segundo RAUPP (2003) o problema pode ser enunciado como:

Encontrar  $x$  para:

Minimizar (ou Maximizar)  $f(x)$

sujeito a:

$$g_i(x) \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$h(x) = 0 \quad j = 1, \dots, p$$

Onde,  $f, g_i$  e  $h_j$ , são funções gerais de parâmetros. A variável de decisão  $x$  assume valores discretos e pertence ao conjunto de soluções possíveis para uma dada instância de um problema de otimização.

Em suma, conforme RAUPP (2003), o Problema de Otimização Combinatória pode ser denominado como a ação de maximizar ou minimizar uma função de diversas variáveis sujeita a um conjunto de restrições, dentro de um domínio finito, geralmente um subconjunto de  $N$ .

## 2.4 Considerações Finais

O estudo sobre Problemas de Otimização, de um modo geral, propiciou um entendimento mais sugestivo da classificação do PAS como um Problema de Otimização Combinatória, visto que o PAS, como o próprio nome indica, trata-se de um problema de alocação, onde aulas, que são objetos discretos, com horários previamente definidos, devem ser alocadas as salas respeitando a um conjunto de restrições.

Considerando que as possíveis soluções para o PAS consistem de arranjos que diferem pelo fato de uma ou mais aulas serem alocadas em salas diferentes, fica claro que

uma possível resolução para o problema seria enumerar todas as possíveis soluções e armazenar aquela de menor custo. No entanto, para problemas reais de otimização combinatória, onde o espaço de busca apresenta um número muito grande de soluções viáveis, tal técnica torna-se impraticável, sendo necessárias técnicas mais apuradas, como por exemplo, técnicas heurísticas.

## 3 TÉCNICAS HEURÍSTICAS DE OTIMIZAÇÃO

### 3.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar a técnica Recozimento Simulado (TS) que será usada no presente trabalho para a resolução do Problema de Alocação de Salas.

Antes de detalhar a RS serão apresentadas algumas técnicas heurísticas referenciadas ao longo deste trabalho.

### 3.2 Definição de Heurística

Como dito anteriormente em Problemas de Otimização Combinatória cujo universo de dados é grande, existe um número muito extenso de combinações, tornando inviável a análise de todas possíveis soluções, visto que o tempo computacional para uma análise completa seria demasiadamente longo. Neste sentido, têm-se as heurísticas, também conhecidas como algoritmos heurísticos, que são métodos que compõem uma gama relativamente nova de soluções para Problemas de Otimização Combinatória.

O termo heurística é derivado do grego *heuriskein*, que significa descobrir ou achar. Mas o significado da palavra em *pesquisa operacional*<sup>1</sup> vai um pouco além da raiz etimológica. De um modo geral, o sentido dado ao termo heurística, refere-se a um método de busca de soluções em que não existe qualquer garantia de sucesso.

De acordo com PAPADIMITRIOU & STEIGLITZ (1982), as heurísticas são quaisquer *métodos de aproximação*<sup>2</sup> sem uma garantia formal de seu desempenho. Sendo necessárias para implementação de problemas *NP – Difícil*, caso deseje-se resolver tais problemas em um tempo computacional razoável (EVANS & MINIEKA, 1978).

Para NORONHA (2000), o sucesso de uma heurística depende de sua capacidade de:

---

<sup>1</sup> Pesquisa Operacional (PO) é uma área tradicional que congrega diversas técnicas de modelagem matemática.

<sup>2</sup> Método aproximativos são métodos que não produzem uma solução ótima, mas é possível quantificar percentualmente o quão próxima a solução encontrada está da solução ótima, garantindo que a solução se aproxima do ótimo a cada iteração.

- Adaptação a instâncias especiais;
- Escapar de ótimos locais;
- Fazer uso da estrutura do problema;
- Estrutura eficiente de dados;
- Pré-processamento;
- Boas técnicas para construir soluções iniciais;
- Reinicializar procedimentos;
- Melhoria de solução através de busca local;
- Aleatorização controlada;
- Diversificação de busca quando nenhuma melhoria adicional parece possível;
- Intensificação da busca em regiões promissoras.

EVANS & MINIEKA (1978) classifica as heurísticas em duas categorias:

- Heurísticas construtivas: constrói uma solução possível, adicionando um componente desta solução por vez (cada iteração, por exemplo). Cada componente adicionado procura atender todos os requisitos. Um possível exemplo, de acordo com COSTA (2003), seria imaginar o Problema de Alocação de Aulas, usando as heurísticas construtivas. A idéia básica seria construir uma solução aula por aula procurando atender a todos os requisitos, até que todas as aulas fossem alocadas.
- Heurísticas de refinamento: parte de uma solução possível completa e melhora a solução através de uma seqüência de mudanças. Por exemplo, conforme COSTA (2003), para o PAS, pode-se imaginar que as heurísticas de refinamento baseiam-se em realocações e troca (vide seção 5.1.2) das aulas de forma a melhorar a qualidade das soluções. A desvantagem destes métodos é que são métodos de descida (vide seção 3.4) ficando presos no primeiro ótimo local encontrado.

As heurísticas, apesar de não garantirem encontrar a solução ótima para um problema, procuram por soluções consideradas de boa qualidade em um tempo computacional razoável.

### 3.3 Busca Local

Buscas locais em problemas de otimização são baseadas na noção de vizinhança. Conforme (MAURI, 2003),

*“Para definirmos o que é uma vizinhança, considere  $S$  o espaço de pesquisa de um problema de otimização,  $f$  a função objetivo a minimizar e  $s$  uma solução possível. O conjunto  $N(s) \subseteq S$ , o qual depende da estrutura do problema tratado, reúne um número determinado de soluções  $s'$ , denominado vizinhança de  $s$ . Cada solução  $s' \in N(s)$  é chamada de vizinho de  $s$  e é obtido de  $s$  a partir de uma operação chamada de movimento.*

*Em linhas gerais, uma busca local, começando de uma solução inicial  $s_0$ , navega pelo espaço de pesquisa, através do movimento, passando de uma solução para outra que seja sua vizinha.”*

### 3.4 Método de Descida

É um método de busca local que se caracteriza por analisar todos os possíveis vizinhos de uma solução  $s$  em sua vizinhança  $N(s)$ , escolhendo, a cada passo, aquele que tem o melhor valor para a função objetivo. Nesse método, o vizinho candidato somente é aceito se ele melhorar estritamente o valor da melhor solução até então obtida. Dessa forma, o método pára tão logo um mínimo local seja encontrado.

### 3.5 Definição de Metaheurística

As metaheurísticas diferem das heurísticas principalmente pelo fato de possuírem mecanismos para escaparem de ótimos locais.

Assim como as heurísticas, elas são destinadas a encontrar uma boa solução sendo que consiste em cada passo da aplicação de uma heurística subordinada a qual deve ser

modelada para cada problema específico de Otimização Combinatória. São exemplos de metaheurísticas: algoritmos genéticos, colônia de formigas, Recozimento Simulado DOWSLAND (1998), ABRAMSON (1991), Busca Tabu (*Tabu Search*) BURKE et al. (2001), COSTA (1994), HERTZ (1992) e Programação Genética UEDA et al. (2001), SANTOS et al. (1997), (ERBEN & KEPPLER, 1996).

A seguir será apresentado um exemplo retirado de MELO (2001), onde é feita uma analogia do problema real com a metaheurística.

Imagine a seguinte situação: um grupo de pesquisadores, perdidos em uma floresta durante uma atividade e com a carga do celular acabando, conseguiram somente avisar à base que eles estão presos no vale mais profundo de toda região. Levando-se em consideração que não existia estudo topográfico sobre a região, o grupo de resgate viu-se dividido em três opiniões distintas: a primeira sugestão dada foi que o avião deveria percorrer a floresta na íntegra, identificando todos os vales ali contidos para que ao término da busca soubesse-se qual era o menor vale, sendo o local exato para o resgate. A segunda sugestão é que a cada dia se escolhesse uma direção aleatória para busca, e nela fossem também identificados os vales existentes e ao término de alguns dias, seria escolhido o vale mais profundo até então, e este seria o local do resgate. A terceira sugestão seria o meio termo entre as duas primeiras. Baseados nas informações colhidas pelos pesquisadores nos dias anteriores, a idéia seria utilizá-las para que se determinasse conjunto de regiões menores e somente ali fosse intensificada a procura pelo vale mais profundo. Estas três alternativas possuem os seguintes enfoques:

- A primeira idéia acharia o local exato para o resgate, conhecida em otimização como método exato. Contudo o tempo gasto na procura comprometeria a integridade física dos pesquisadores. De maneira análoga, os métodos exatos buscam encontrar a solução ótima, em um espaço de busca, analisando cada possível elemento desta região.
- A segunda idéia pelo fato de não considerar qualquer informação prévia da região a ser pesquisada, provavelmente também não teria muito êxito na busca. A esta idéia, atribuem-se as heurísticas cegas, cuja flexibilidade excessiva podem conduzir a busca a resultados caóticos.

- A terceira idéia contém aspectos que permitem evitar os erros ocorridos na idéia anterior, pois leva em consideração todas as informações previamente conhecidas do espaço de busca a ser explorado, caracterizando as metaheurísticas.

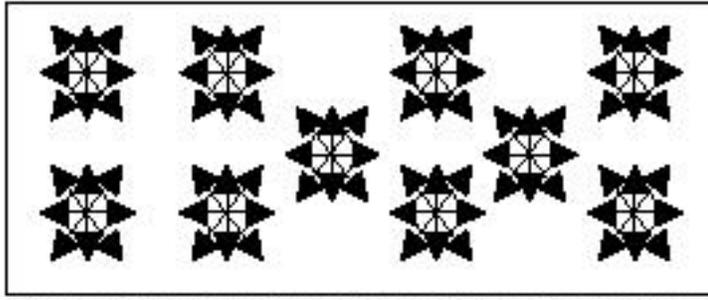
Conforme SOUZA (2000), a metaheurística Recozimento Simulado mostrou-se satisfatória para a resolução do Problema de Alocação de Salas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), sendo este fato um dos principais motivadores para que este trabalho polarize-se no estudo da metaheurística TS.

### **3.6 Recozimento Simulado (*Simulated Annealing*)**

Recozimento Simulado foi proposto originalmente por KIRKPATRICK et al. (1983), sendo um método de busca local que aceita movimentos de piora como forma de escapar de ótimos locais.

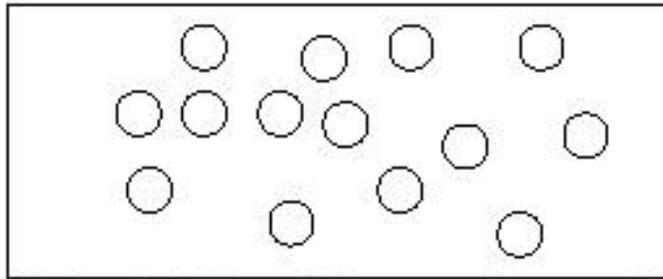
Embora tenha sido desenvolvido há poucos anos, a RS tem-se mostrado uma importante ferramenta de otimização. A RS simula um método natural, visto que ele se fundamenta numa analogia com a termodinâmica ao simular o resfriamento de um conjunto de átomos aquecidos, operação conhecida como recozimento (*annealing*) KIRKPATRICK et al. ((1983). O termo e operação de recozimento são amplamente utilizados na metalurgia.

O princípio físico da RS está baseado, de um modo geral, na seguinte observação física da matéria: levando um cristal a sua temperatura de fusão, as moléculas estão muito desordenadas e se agitam livremente como sugerido, conforme NORONHA (2000) na Figura 3.1.



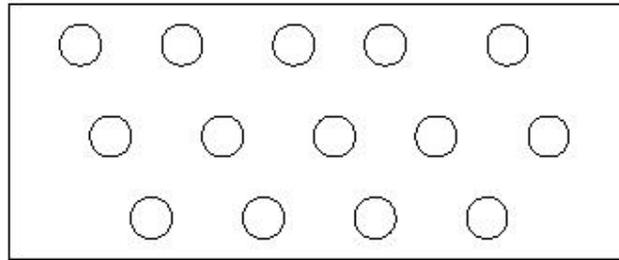
**Figura 3.1 Estado Desordenado das Moléculas da Matéria em Fusão**

Ao resfriar bruscamente a amostra por um mecanismo análogo aquele da recozimento de um metal, o nível de energia vai baixar rapidamente e as moléculas vão se encontrar em um estado ainda muito desordenado no qual o nível de energia é muito superior ao do cristal perfeito. Este estado, dito amorfo e representado pela Figura 3.2 NORONHA (2000), é então distintamente menos estável que o estado desordenado da Figura 3.1.



**Figura 3.2 Estado Desordenado das Moléculas Consecutivo a um Resfriamento Rápido**

Se ao contrário, conforme NORONHA (2000), resfriar-se a amostra de maneira infinitamente lenta, as moléculas vão adquirir a estrutura cristalina estável que tem um nível de energia mais fraca possível como na Figura 3.3 (NORONHA, 2000).



**Figura 3.3 Estado Ordenado da Matéria Consecutivo a um Resfriamento Lento**

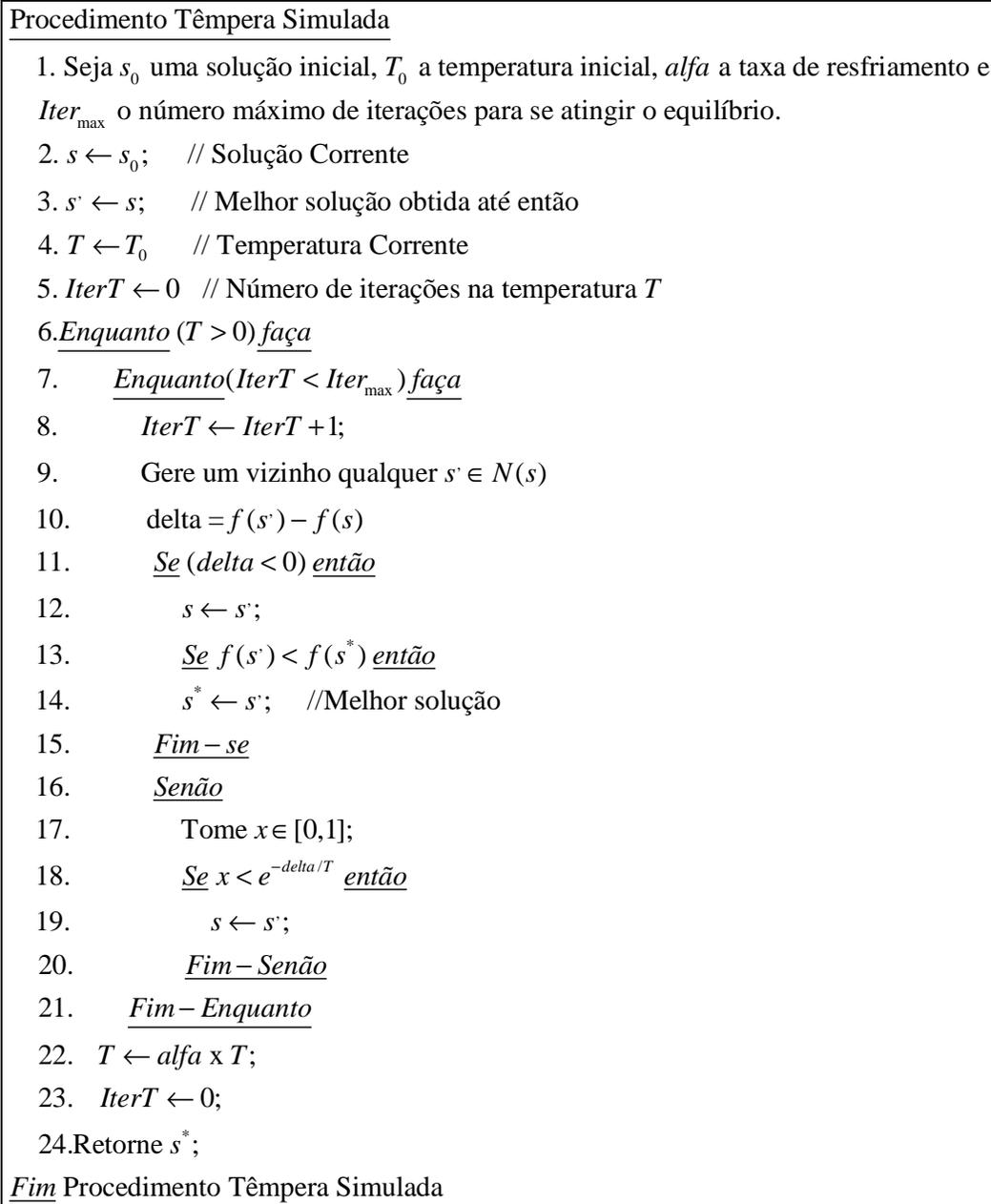
O princípio físico descrito pode ser observado na recozimento utilizada na metalurgia, no qual o metal é aquecido a altas temperaturas, provocando um violento choque nos átomos. A microestrutura tende a um estado aleatoriamente instável caso o metal seja resfriado de forma brusca. Por outro lado, se o metal é resfriado de forma suficientemente lenta, o sistema procurará um ponto de equilíbrio caracterizado por uma microestrutura ordenada e estável.

A analogia com a otimização (combinatória ou não) é bastante direta, conforme AARTS & KORST (1989). Os estados da matéria são as soluções realizáveis, a quantidade objetiva substitui a energia, os estados metaestáveis da matéria sendo ótimos locais e a estrutura cristalina corresponde ao ótimo global.

O fato do procedimento de otimização simular resfriamento lento da matéria justifica o nome do método, sendo que a principal variável de controle da RS é a temperatura, por analogia ao fenômeno físico.

A Recozimento Simulado pode ainda ser classificada como um método randômico onde os parâmetros são usados de acordo com regras de probabilidade. As variáveis de projeto são perturbadas aleatoriamente e armazena-se o valor da função objetivo após cada perturbação.

O pseudocódigo do algoritmo básico da RS é apresentada pela Figura 3.4, conforme (DOWSLAND, 1993).



**Figura 3. 4 Algoritmo Recozimento Simulado**

De acordo com BIAJOLI (2003), este algoritmo se decompõe em duas grandes buscas sobrepostas:

- A busca interna contém o processo de otimização. Observa-se que para uma temperatura fixa, explora-se a vizinhança aceitando ou não os movimentos que são apresentados.
- A busca externa controla o término do processo e é baseada na noção de estados resfriados. Considera-se que um estado esteja resfriado se não houver mais chances de se achar uma solução melhor ao se continuar a exploração.

Como pode ser observado no algoritmo apresentado na Figura 3.4, esta técnica começa sua busca a partir de uma solução inicial qualquer.

O laço de iterações, que caracteriza o procedimento principal, gera aleatoriamente em cada iteração, um único vizinho  $s'$  da solução corrente  $s$ .

A variação do valor da função objetivo é testada a cada geração de um vizinho  $s'$  de  $s$ . Para o teste desta variação é feito o seguinte cálculo:  $\Delta = f(s') - f(s)$ .

Se  $\Delta < 0$ ,  $s'$  passa a ser a nova solução corrente. Se o vizinho gerado for pior por uma quantidade  $\Delta > 0$ , ele é aceito com uma probabilidade  $e^{-\Delta/T}$ , onde  $T$  é um parâmetro do método chamado temperatura.

Inicialmente a temperatura assume um valor elevado  $T_0$ . Após um número fixo de iterações  $Iter_{max}$ , a temperatura é gradativamente diminuída por uma razão de resfriamento  $alfa$ , de forma que:  $T = alfa * T$ .

Esse processo é repetido até que  $T$  seja tão pequeno que mais nenhum movimento seja aceito, ou seja, o sistema está estável. Segundo MAURI (2003), a solução obtida quando o sistema se encontra nesta situação evidencia o encontro de um mínimo local.

Observa-se que a probabilidade de aceitar movimentos que degradam o valor da função objetivo decresce com a temperatura. Isto implica que quanto mais a temperatura cai menos movimentos degradantes tem uma chance de serem aceitos. Uma vez que o valor da temperatura aproxima-se de zero, o algoritmo, segundo JOHNSON et al. (1989), comporta-se como um método de descida (dado que diminui a probabilidade de aceitar movimentos de piora).

### **3.7 Considerações Finais**

Pôde-se observar que uma das grandes desvantagens dos métodos heurísticos encontram-se na dificuldade de escapar de ótimo locais.

O surgimento das chamadas técnicas metaheurísticas, resultante dos estudos nas áreas de Otimização Combinatória e Inteligência Artificial, deram aos métodos heurísticos até então existentes, um caráter mais geral, tornando-os mais flexíveis e inteligentes.

Observações em fenômenos naturais têm sido também de suma importância, estimulando a construção de métodos como a Recozimento Simulado, Algoritmo Genético e Redes Neurais.

## 4 PROBLEMAS DE HORÁRIO

### 4.1 Introdução

O Problema de Escalonamento de Horários, ou simplesmente Problema de Horários (PH), é citado como um dos problemas mais interessantes da Pesquisa Operacional MICHALEWICZ & SCHOEMAUER (1996). Neste capítulo são apresentadas definições e características importantes deste problema.

### 4.2 Definição

Para WREN (1996), este problema pode ser definido como o arranjo de horários dentro de padrões de tempo ou espaço, no qual algumas metas são atendidas ou praticamente atendidas e onde restrições devem ser satisfeitas ou praticamente satisfeitas.

Os problemas de horários podem ser classificados em três categorias principais, conforme SCHAEFER (1999):

- Problema de Programação de Horários em Escolas (*School Timetabling Problem*) ou Problema Professor-Turma (*Class-Teacher*) Este problema, está relacionado a alocação de aulas de uma instituição com as características de uma escola secundária típica. Basicamente existe um conjunto de turmas, um conjunto de professores e um conjunto de horários reservados para a alocação das aulas. As turmas têm um mesmo currículo e são conjuntos disjuntos de estudantes. Para cada turma há um conjunto de matérias, com suas respectivas cargas horárias, que devem ser cursadas. Para cada professor especifica-se a matéria, bem como as turmas para os quais o professor lecionará. O objetivo básico é fazer um quadro de horário, em geral, semanal, de tal forma que: as cargas horárias de todas as matérias de todas as turmas sejam cumpridas; cada turma não tenha aula com mais de um professor ao mesmo tempo; um professor não dê aula para mais de uma turma em uma mesma sala em um mesmo horário.

Uma característica adicional deste problema é que, como as turmas são conjuntos disjuntos de estudantes, elas recebem suas aulas em mesma sala (exceto para as aulas que de matérias que exigem salas especiais). Desta forma, os professores que se deslocam para lecionar cada turma.

- O Problema de Alocação de Horários (*Course Timetabling Problem*) ou Programação de Horários em Universidade (*University Timetabling*) diz respeito à alocação de aulas de uma instituição com as características de uma universidade típica. Basicamente há um conjunto de cursos (Cálculo I, Fitopatologia, entre outros) e para cada curso, um certo número de aulas. Há ainda, um conjunto de currículos (Ciência da Computação, Engenharia Florestal, Agronomia, Ciências Biológicas). Cada currículo segundo SOUZA (2000), envolve um conjunto de cursos. Um estudante matricula-se em turmas de cursos de seu currículo. Há, também, um conjunto de horários destinados à realização das aulas, e, em cada, horário um número limitado de salas. O problema consiste em alocar as aulas dos cursos aos horários disponibilizados, respeitando as disponibilidades e capacidades das salas existentes, de forma que nenhum estudante tenha duas ou mais aulas simultaneamente. Uma característica deste tipo de problema é que a princípio, um curso pode ser alocado a qualquer horário de funcionamento da instituição, o que em geral, inclui os períodos da manhã, tarde e noite. Outra característica importante diz respeito à configuração das aulas do curso, tais aulas são agrupadas em sessões, de uma maneira rígida. Assim, por exemplo, o curso de Fitopatologia com cinco horas-aula semanais, pode ser ministrado em duas sessões, uma de três horas-aula e outra de duas horas-aula. Ainda, em geral, os estudantes se deslocam para terem as aulas.
- Problema de programação de horários de exames (*Examination time-timebling problem*) Este problema diz respeito à alocação dos exames de uma instituição com as características de uma universidade típica. Existe um conjunto de estudantes matriculados em cursos, um conjunto de exames para cada estudante e um conjunto de horários disponibilizados para a realização dos exames. O objetivo é alocar cada exame a um horário, de maneira que nenhum estudante tenha que fazer dois ou mais exames ao mesmo tempo. Este problema difere do problema de programação de horários de cursos, nos fatos: estudante tem um

número de exames limite que podem ser realizados durante o dia; exames de certos cursos tem precedências sobre exames de outros cursos; alguns exames devem ser realizados em horários consecutivos, enquanto que outros devem ser realizados em um mesmo horário.

Pode ser observado, conforme SOUZA (2000), que tal classificação não é absoluta, no sentido de que existem problemas que não se encaixam de maneira precisa nestas categorias. Por exemplo, algumas universidades brasileiras hoje dão liberdade aos alunos para escolherem as matérias ditas eletivas que querem cursar, o que torna o currículo flexível, não havendo um currículo fixo para cada curso.

É possível encontrar uma classificação mais independente do tipo de instituição em BARDADYM (1996). Contudo, as três categorias mostradas anteriormente constituem a classificação mais utilizada na literatura.

### **4.3 Viabilidade x Otimalidade**

O Problema de Programação de Horários pode ser, por sua vez, classificados em dois tipos, conforme SOUZA (2000), dependendo de necessitarem otimizar ou não uma função objetivo:

- Problemas de otimização: Neste tipo encontram-se os problemas nos quais, dentre todos os quadros de horários viáveis (satisfazem um certo conjunto de restrições essenciais), deseja-se encontrar um quadro, chamado ótimo, que minimize uma função objetivo, a qual incorpora as restrições ditas não-essenciais.
- Problemas de viabilidade: Esta classificação refere-se a todos os problemas nos quais se requer encontrar um quadro de horário viável, ou seja, um quadro de horário que satisfaça a todas as restrições impostas.

### **4.4 Complexidade**

COOPER & KINGSTON (1996) demonstram que uma série de Problemas de Horários que aparecem na prática são problemas *NP – Difícil*, especificamente eles mostraram esta

característica quando as aulas têm duração diferente, quando há restrições para a escolha dos horários de aulas, como por exemplo exigir que determinadas aulas sejam realizadas em horários consecutivos ou quando estudantes podem escolher suas matérias. Segundo os autores, a intratabilidade do problema, pode ser mostrada através da sua redução a um problema de coloração de grafos.

A característica *NP – Difícil* do Problema de Programação de Horários é mostrada no trabalho de EVEN et al. (1976) a partir da redução do problema de 3-SATISFATIBILIDADE de uma versão simplificada do problema básico de Programação de Horários em escolas, em que aparecem restrições de indisponibilidade de professores.

Algumas variantes do PPH em escola podem ser resolvidas em tempo polinomial. Um exemplo deste variante do problema foi observado por EVEN et al. (1976) que apresentaram uma solução baseada em fluxo em grafo para o caso do Problema de Programação de Horários em escola, quando as turmas e professores estão sempre disponíveis. Conforme SOUZA (2000) há outras variantes clássicas deste problema para os quais existem algoritmo polinomiais:

- Existe uma única turma e todas professores têm um número arbitrário de horários indisponíveis.
- Apenas uma turma tem horários indisponíveis, as demais turmas e professores estão sempre disponíveis.
- Cada professor tem, no máximo, 2 (dois) horários disponíveis e as turmas estão sempre disponíveis.

há ou Contudo, mesmo que existam casos passíveis de solução em tempo polinomial, são casos muitos especiais e segundo SOUZA (2000) não incluem restrições mais comuns que aparecem em problemas reais. Em virtude desta característica, justifica-se a abordagem do Problema de Programação de Horários por técnicas heurísticas, (as quais, como visto no capítulo 3, não garantem a otimalidade da solução e também não garantem a existência de uma solução viável – ainda que essa exista).

## 4.5 Automação do Problema

A elaboração manual de um quadro de horário completo pode demandar duas semanas em uma escola secundária ou até um mês em uma universidade conforme observado em CARTER (1986).

Sabe-se que hoje, algumas instituições usam computadores para o PPH, sendo que uma minoria destas instituições usa programas específicos para gerar quadros de horários. Os programas não específicos completam em média somente dois terços de alocação, deixando o terço restante por conta de elaboradores de quadros de horários das instituições, os quais têm, ainda, que inserir algumas outras restrições não abordadas pelos programas.

Os primeiros esforços para automatizar o Problema de Horários foram feitos a partir da década de 60, com os trabalhos percussores de CSIMA & GOTLIEB (1961) e GOTLIEB (1963). Desde então, conforme BARDADYM (1996), mais de 700 publicações sobre o assunto foram escritas até o ano de 1995. Em 1995, realizou-se a primeira conferência internacional sobre o tema (*Practice and Theoru on Automated Timetabling - PATAT*).

Conforme SOUZA (2000) a maioria das técnicas antigas usadas na automação do Problema de Programação de Horários era baseada no uso de heurísticas construtivas, que de um modo geral, consistiam de um preenchimento gradual do quadro de horários. Ainda conforme SOUZA (2000), no segundo momento, os pesquisadores começaram a usar métodos gerais para resolver o problema, tais como coloração de grafos, programação inteira e fluxo em grafo. Mais recentemente, apareceram soluções baseadas em novas técnicas de pesquisa, como Recozimento Simulado, Algoritmos Genéticos, Busca Tabu, Satisfação de Restrições e combinação de métodos diferentes.

Muitos autores entre os quais SCHAEFER (1999) e SOUZA (2000), acreditam que os Problemas de Horários não podem ser completamente automatizados. Duas justificativas comprovam isto: há razões que não podem ser facilmente expressas em um sistema automatizado, que tornam um quadro de horários melhor que outro. E ainda, uma vez que o espaço de soluções é vasto, a intervenção humana pode conduzir a busca em direção às regiões mais promissoras, nas quais o sistema, por si só, dificilmente teria condições de chegar.

Devido a este fato, a maioria dos sistemas existentes, permitem ao usuário ao menos ajustar manualmente a solução final.

## **4.6 Considerações Finais**

Devido a importância dos Problemas de Programação de Horários, bem como suas diversas categorias, percebe-se que uma atenção especial tem sido dada ao entendimento e automação destes problemas.

O estudo do PPH permitiu uma melhor contextualização do PAS, porém, um estudo mais aprofundado sobre o PAS faz-se necessário.

## 5 PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SALAS

### 5.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados aspectos mais relevantes em relação ao Problema de Alocação de Salas e sua modelagem.

### 5.2 Visão Geral sobre o PAS

O Problema de Alocação de Salas pode ser tratado como um Problema de Programação de Horários, mais precisamente como um Problema de Programação de Cursos Universitário (*Course Timetabling*), ou como um problema derivado deste (*Classroom Assignment*) (BARDADYM, 1996). Para a última situação, considera-se que as aulas dos cursos universitários já têm seus horários de início e de término definidos, o problema então, resume-se em alocar as aulas às salas respeitando os horários destas aulas e outras restrições.

O PAS é um exemplo de problema de Otimização Combinatória e por se tratar de um problema *NP-Difícil* como pode ser observado em EVEN et al. (1976) e CARTER (1992), atualmente tem sido resolvido computacionalmente por técnicas chamadas heurísticas e metaheurísticas.

Em XAVIER & ARAÚJO (2001) é relatado a experiência com a utilização das técnicas Recozimento Simulado e Busca Tabu (*Tabu Search*) na resolução do Problema de Alocação de Salas e os autores propõe, em função dos resultados obtidos, uma metodologia que combina essas duas técnicas. Em CASTRO (2003) é tratado o Problema de Alocação de Salas, utilizando apenas a Recozimento Simulado. Tanto em XAVIER & ARAÚJO (2001) quanto em CASTRO (2003), o problema considerado é Problema de Alocação das Salas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

A seguir a modelagem do PAS conforme CASTRO (2003).

## 5.3 Modelagem do Problema

### 5.3.1 Representação

Para a representação de uma alocação (solução) do problema é utilizada uma matriz  $S = (s_{yw})_{m \times n}$  onde  $m$  representa o número de horários reservados para a realização das aulas e  $n$  o número de salas disponíveis. A turma  $t$  é alocada ao horário  $y$  e sala  $w$ , tal alocação é representada da seguinte maneira  $t = s_{yw}$ .

Uma sala vazia indica que a sala  $w$  está desocupada no horário  $y$ .

Um exemplo simples de representação é dado pela Figura 5.1 (CASTRO, 2003).

		Salas				
		1	2	3	4	5
Horários	1	3				4
	2	3		1	6	4
	3	3	5		6	7
	4		5	2	6	7
	5	12		2		
	6	12	13	11	9	
	7		13	11	9	10
	8	8		11		10
	9	8				10

Figura 5. 1 Exemplo de uma Alocação

Observando a figura anterior pode-se observar que, por exemplo, na sala 1 os horários 1, 2 e 3 estão ocupados com aulas da turma 3. E que a sala 4 encontra-se desocupada no horário 1.

### 5.3.2 Estrutura de Vizinhança

Conforme CASTRO (2003), seja  $s'$  um vizinho de uma solução  $s$ . Para se atingir  $s'$  a partir de  $s$ , são usados dois tipos de movimentos: realocação e troca.

O movimento de realocar uma dada turma a uma sala que esteja vazia nos horários de realização desta aula caracteriza o Movimento de Realocação. Observa-se que tal

movimento só é possível se a sala que receberá as aulas de uma turma estiver disponível nos horários de aulas da turma em questão.

Este tipo de movimento é ilustrado na Figura 5.2 (XAVIER & ARAÚJO, 2001).

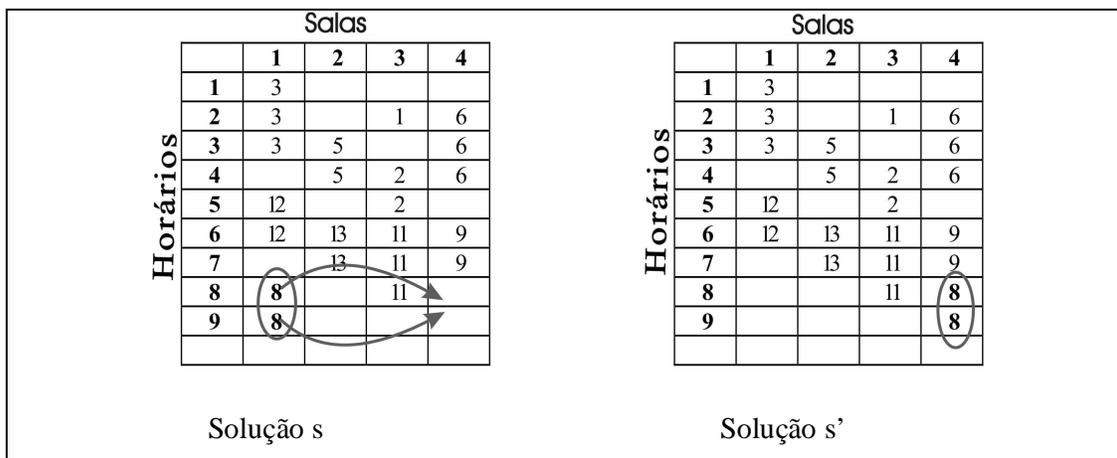


Figura 5. 2 Movimento de Realocação

Na figura anterior, as aulas da turma 8 realizadas nos horários 8 e 9 na sala 1 são transferidas para a sala 4.

Já o Movimento de Troca consiste em trocar de sala as aulas de duas turmas realizadas em um mesmo bloco de horários. Este tipo de movimento é ilustrado, segundo XAVIER & ARAÚJO (2001), na Figura 5.3.

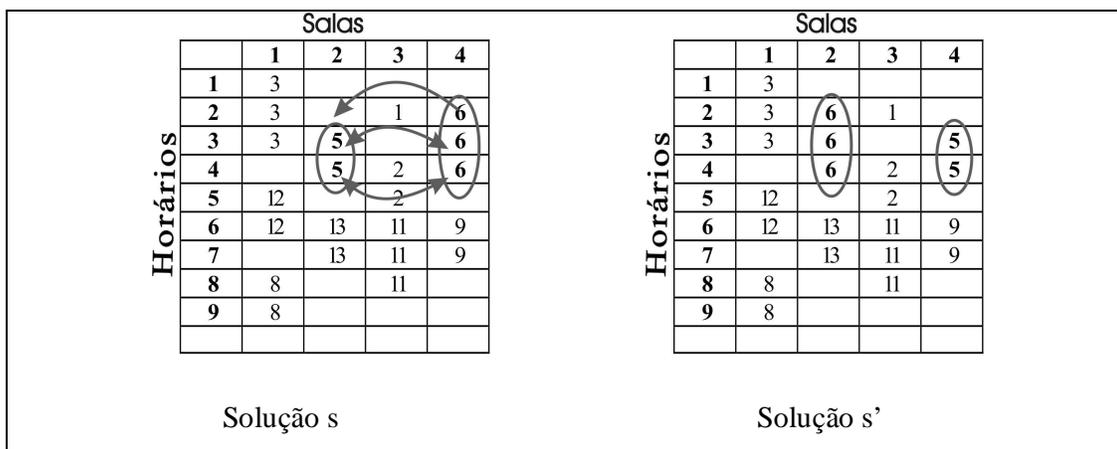


Figura 5. 3 Movimento de Troca

Observa-se na Figura 5.3 que as aulas das turmas 5 e 6 são permutadas de sala. As aulas da turma 5 realizadas na sala 2 nos horários 3 e 4 são transferidas para a sala 4, enquanto que as aulas da turma 6 realizadas na sala 4 nos horários 2, 3 e 4 são transferidas para a sala 2.

Observa-se que para realização deste movimento é essencial que nos horários envolvidos as salas estejam apenas com aulas das turmas relacionadas com a operação ou estejam vazias.

Uma solução  $s' \in N(s)$ , sendo  $N(s)$  a estrutura de vizinhança considerada, é dita vizinho de  $s$  se ela pode ser acessada a partir desta através dos movimentos: troca ou realocação.

### 5.3.3 Função Objetivo

Segundo CASTRO (2003) para avaliar uma alocação, os requisitos do problema são primeiramente divididos em duas classificações:

I. Requisitos essenciais: gerarão uma alocação inviável, caso não sejam satisfeitos.

Exemplos:

- A. Em uma mesma sala e horário não pode haver mais de uma aula.
- B. Uma sala não pode receber uma turma cuja quantidade de alunos seja superior à sua capacidade.
- C. Algumas salas têm alguns horários previamente reservados para a realização de outras atividades e nesses horários ficam indisponíveis.

II. Requisitos não Essenciais: são aqueles que se não satisfeitos, não gerarão alocações inviáveis, contudo seu atendimento é desejável. Exemplos:

- A. Certas salas têm restrições de uso e a utilização delas deve ser evitada sempre que possível.
- B. Sempre que possível alocar a uma mesma sala alunos de um mesmo curso e período.
- C. Utilizar o espaço das salas eficientemente, isto é, evitar alocar aulas de turmas pequenas em salas de maior capacidade.

D. Se possível, cada uma das salas deve ser deixada vazia em pelo menos um horário ao longo do dia, de forma a possibilitar sua limpeza.

Sendo assim, segundo CASTRO (2003) e XAVIER & ARAÚJO (2001), uma alocação (ou solução)  $s$  pode ser medida com base em duas componentes, uma de inviabilidade  $g(s)$ , a qual mede o não atendimento aos requisitos essenciais, e outra de qualidade  $h(s)$ , a qual avalia o não atendimento aos requisitos considerados não-essenciais. A função objetivo  $f$  que associa cada solução  $s$  do espaço de soluções a um número real  $f(s)$  deve ser minimizada.

Uma possível simplificação para o modelo de otimização do PAS, pode ser expressa na forma:

*Sejam :*

$S =$  conjunto de alocações possíveis (espaço de soluções) para uma dada instância do PAS

$L =$  número de medidas de inviabilidade de  $s$

$I_l =$  valor da  $l$  –ésima medida de inviabilidade

$\alpha_l =$  peso associado  $l$  –ésima medida de inviabilidade

$K =$  número de medidas de qualidade de  $s$

$Q_k =$  valor da  $k$  –ésima medida de qualidade

$\beta_k =$  peso associado  $k$  –ésima medida de qualidade

Encontrar  $s$ , para:

Minimizar

$$f(s) = g(s) + h(s)$$

Onde

$$g(s) = \sum_{l=1}^L \alpha_l I_l;$$

$$h(s) = \sum_{k=1}^K \beta_k Q_k.$$

Sujeito à:

$$s \in S;$$

$$\alpha_l \ll \beta_k, \quad \forall l, k$$

$$g(s) = 0.$$

Como pode ser observado,  $L = 3$ , visto que são considerados 3 (três) requisitos essenciais. E cada um destes requisitos, anteriormente citados, tem uma medida de inviabilidade associada:  $I_1, I_2$  e  $I_3$  correspondentes a respectivamente aos subitens A, B, C, do item “I. Requisitos Essenciais”. Os valores destas medidas visam penalizar soluções que não atendam um ou mais requisitos essenciais.

De maneira análoga,  $k = 4$ , visto que são considerados 4 (quatro) requisitos não essenciais, ou seja, 4 requisitos de qualidade. E cada um destes requisitos, já citados, tem uma medida de qualidade associada:  $Q_1, Q_2, Q_3$  e  $Q_4$  correspondentes a respectivamente aos subitens A, B, C e D do item “II. Requisitos não Essenciais”. Os valores destas medidas visam penalizar o não cumprimento de um ou mais requisitos não essenciais, visto que é desejável que as soluções atendam à estes requisitos.

Ressalta-se que para que uma solução seja viável os requisitos essenciais devem ser atendidos, ou seja,  $g(s) = 0$ . Uma vez que nas componentes da função  $f(s)$  os pesos dados às diversas medidas devem refletir a importância relativa de cada uma delas, deve-se tomar  $\alpha_l$  muito maior que  $\beta_k$ , para todo  $l, k$ , de forma a viabilizar a eliminação de soluções não-viáveis.

## 5.4 Considerações Finais

Conforme visto, a avaliação de uma alocação de aulas baseia-se principalmente na avaliação dos requisitos ditos essenciais e não essenciais. Contudo não há uma padronização dos requisitos a serem considerados. Estes podem variar para atender a necessidades específicas de diferentes instituições.

## 6 METODOLOGIA

Para iniciar a execução deste trabalho escolheu-se fazer uma pesquisa exploratória.

Este tipo de pesquisa visa o aprimoramento de idéias ou descoberta de informações. Neste sentido foram estudados conceitos importantes ligados ao Problema de Alocação de Salas e sua implementação.

Após esta pesquisa, conceitos julgados de maior relevância para o entendimento do PAS bem como sua resolução, foram descritos nos capítulos 2, 3, 4 e 5.

Uma vez compreendido o Problema de Alocação de Salas e a metaheurística Recozimento Simulado, foi implementada uma proposta de resolução do PAS, baseada na TS. O programa desenvolvido será descrito a seguir.

### 6.1 Proposta de Resolução do PAS mediante a técnica Recozimento Simulado

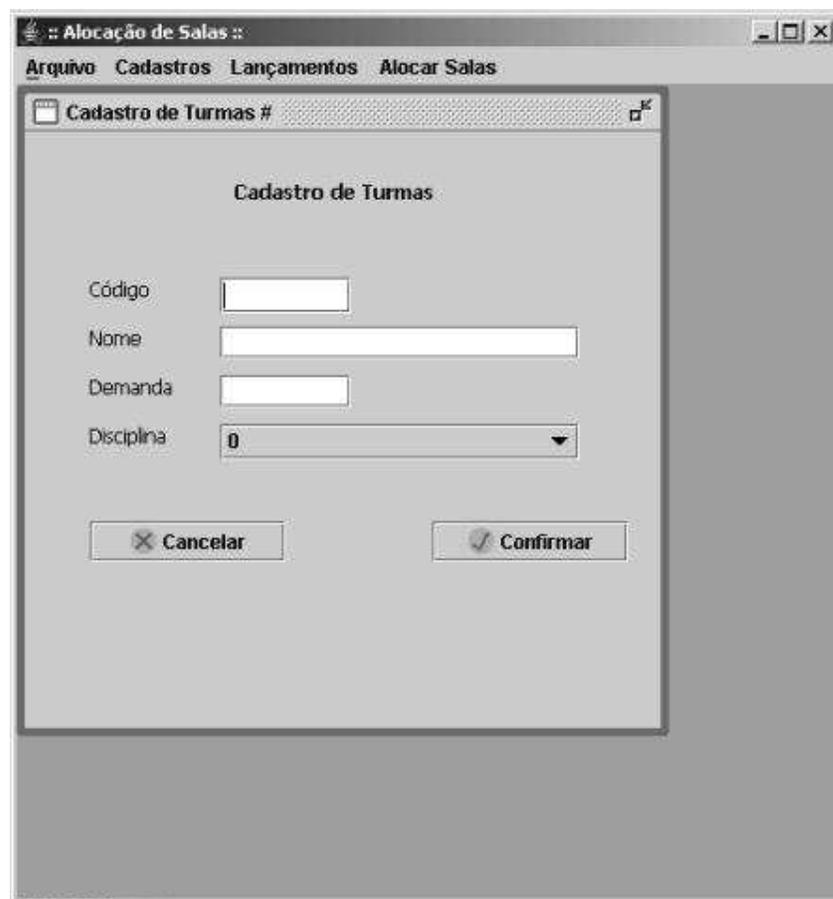
O programa desenvolvido foi implementado na linguagem Java, utilizando a máquina virtual Java j2sdk1.4.2 e o editor NetBeans, este último por facilitar a implementação de interface gráficas. Usou-se a linguagem JAVA por esta ser uma linguagem multiplataforma, e por sua forte convicção na orientação a objetos, que torna a modelagem do sistema mais natural e fácil de se realizar, além de permitir a reutilização de códigos.

Basicamente o funcionamento do sistema baseado no algoritmo da Recozimento Simulado aplicado ao Problema de Alocação de Salas, pode ser descrito em 5 (cinco) etapas principais:

- **Entrada de Dados:** Nesta etapa são carregadas as disciplinas, turmas e salas que constituem o PAS. Estas informações são armazenadas em um Banco de Dados (BD) MySQL, este é um sistema de gerenciamento de Banco de Dados

Relacionais baseado em comando SQL (*Structured Query Language* - Linguagem Estruturada para Pesquisas). Com o “suporte” do *Java Database Connectivity* (JDBC) que é uma interface que define classes em Java que permitem estabelecer uma conexão com o Banco de Dados e enviar instruções SQL, os dados armazenados no BD são recuperados e processados no programa. Para armazenar os dados no BD, o usuário conta com duas opções: através da interface gráfica desenvolvida para o sistema ou acessando diretamente o BD, utilizando, por exemplo, o *MySQL Control Center* que é uma consola de Administração para MySQL, que permite realizar todas as tarefas de administração e trabalho de MySQL, como adicionar e remover dados, através de um interface gráfica.

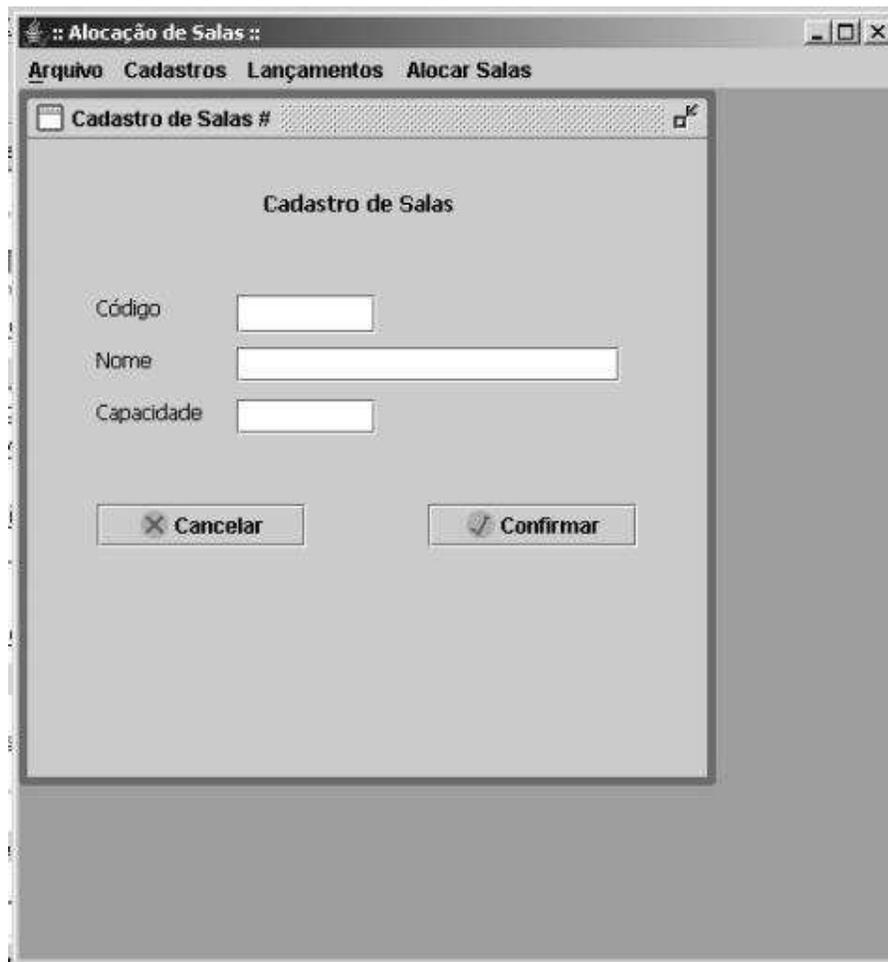
A **Figura 6.1** mostra a tela que permite o usuário cadastrar turmas no Banco de Dados.



**Figura 6. 1 Tela Cadastro de Turmas**

Como pode ser observado na **Figura 6.1** o usuário para realizar o cadastro deverá entrar com o código, nome e demanda da turma. Ainda, caso a turma esteja associada à alguma disciplina específica o usuário poderá selecionar em uma lista a disciplina a qual a turma esta vinculada. A lista de disciplinas disponíveis é gerada automaticamente no programa à medida que novas disciplinas são adicionadas ao BD.

Para cadastro de salas, tem-se a seguinte interface gráfica:

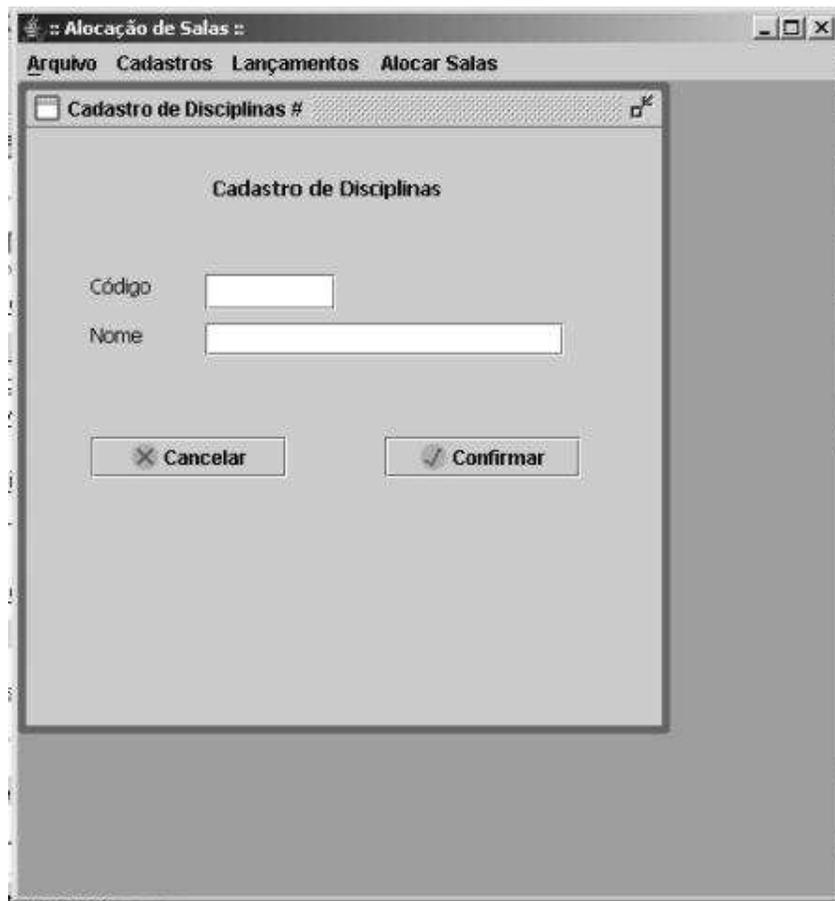


The image shows a screenshot of a software application window titled "Alocação de Salas ::". The window has a menu bar with "Arquivo", "Cadastros", "Lançamentos", and "Alocar Salas". Below the menu bar is a sub-window titled "Cadastro de Salas #". The main area of the sub-window is titled "Cadastro de Salas" and contains three text input fields: "Código", "Nome", and "Capacidade". Below the input fields are two buttons: "Cancelar" (with a close icon) and "Confirmar" (with a checkmark icon).

**Figura 6. 2 Tela Cadastro de Salas**

Como pode ser visualizado na **Figura 6.2** para o cadastro de salas o usuário deverá informar ao sistema o código, capacidade e nome da sala.

Tela usada no cadastro de disciplinas:



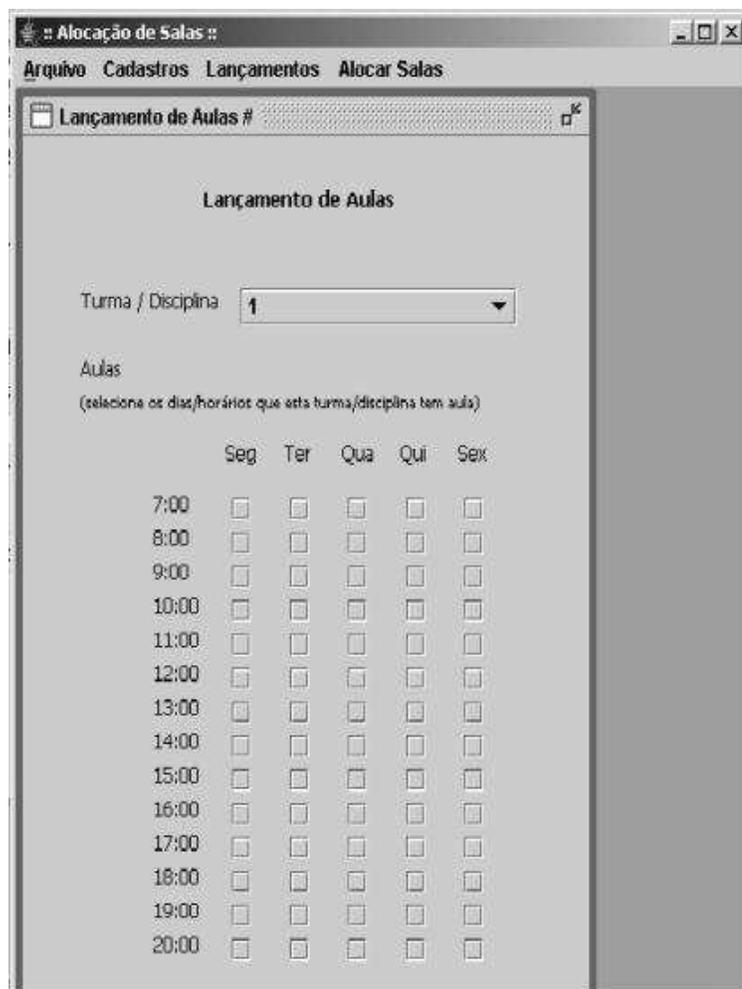
The image shows a screenshot of a software application window titled "Alocação de Salas". The window has a menu bar with "Arquivo", "Cadastros", "Lançamentos", and "Alocar Salas". A dialog box titled "Cadastro de Disciplinas #" is open, containing the following elements:

- Title: "Cadastro de Disciplinas"
- Field: "Código" with a text input box.
- Field: "Nome" with a text input box.
- Buttons: "Cancelar" (with a close icon) and "Confirmar" (with a checkmark icon).

**Figura 6.3 Tela Cadastro de Disciplina**

Para o cadastro de disciplina o usuário deverá informar o código e o nome da mesma.

A seguir é mostrada a tela para cadastro de aulas.



**Figura 6. 4 Tela Lançamento de Aulas - Definição de Horários**

Para o cadastro de horário das aulas, como pode ser visualizado na **Figura 6.4** o usuário deverá selecionar em uma lista (também gerada automaticamente a medida que Turmas/Disciplinas são adicionadas ao BD) a Turma/Disciplina que terá o horário cadastrado e posteriormente clicar na caixa de seleção correspondente ao dia e hora que a(s) aula (s) desta Turma/Disciplina será (ao) realizada(s).

Ainda é permitido nesta primeira etapa do programa, o cadastro de restrições de uso que determinadas salas podem ter em horário pré-definidos. Estas restrições de uso das salas indicam que no horário indicado a utilização destas salas deve ser evitada sempre que possível.

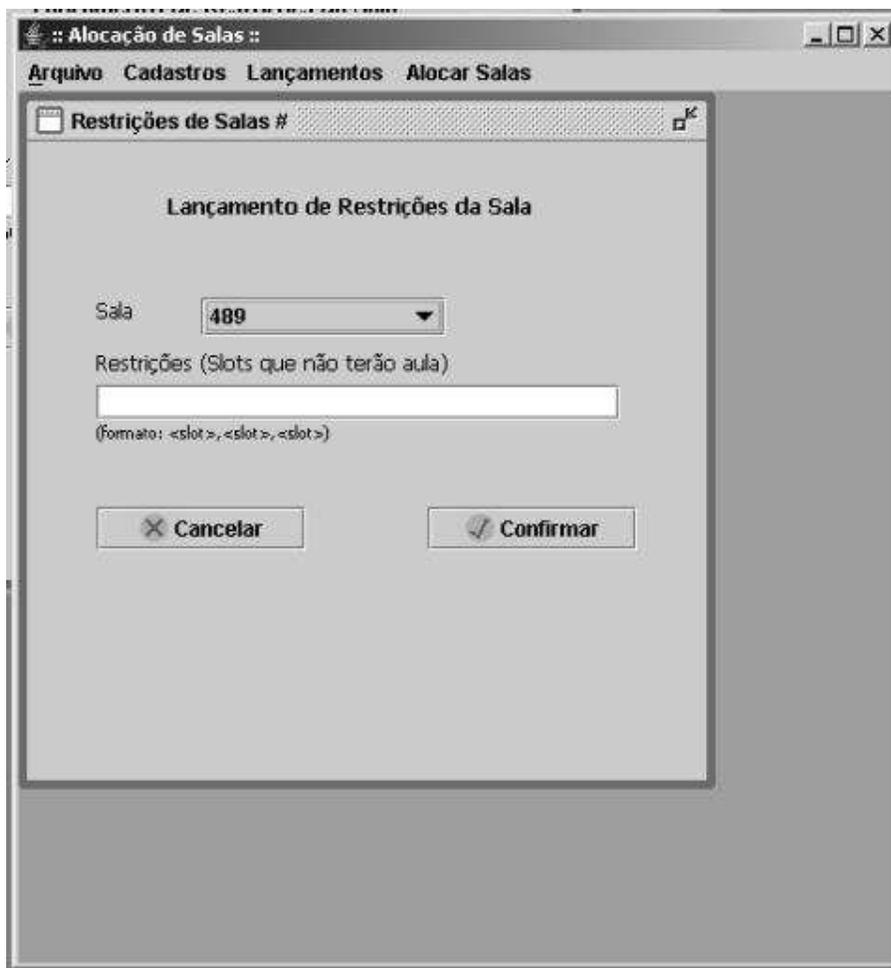


Figura 6. 5 Tela Lançamento de Restrições de Salas

Para o cadastro de restrições de salas o usuário deverá informar qual sala e em qual horário esta sala terá restrições de uso. Para indicar qual a sala, o usuário deverá selecionar em uma lista o código da mesma. E para indicar o horário em que o uso da sala selecionada deve ser evitado, o usuário deverá informar o dia e o horário utilizando *slots*. A seguir um exemplo de *slot*:

<seg 7>

Este *slot* indica que determinada sala tem restrições de uso na segunda-feira das sete horas às oito horas.

Caso a sala deva ter seu uso evitado por mais de um horário basta separar os *slots* usando vírgulas. Por exemplo: <seg 7>, <ter 9>, <qua 10>.

- **Parâmetros TS:** Esta etapa consiste na especificação dos parâmetros relativos a metaheurística Recozimento Simulado, tais como:
  - Valor da taxa de resfriamento da Recozimento Simulado.
  - Número de iterações em uma temperatura
  - Valor da temperatura inicial do processo de Recozimento
  - Valor da temperatura final ou limite para o processo de Recozimento.
  - Operadores relacionados à geração de vizinhos de uma dada alocação.
 Como:
  - Número de dias da semana que deve haver a tentativa de se realizar Movimento de Troca e Movimentos de Realocação a cada iteração
  - Quantas tentativas de se fazer o Movimento de Troca e Movimento de Realocação devem ser realizadas por dia
  - Quantas tentativas devem ser feitas até que se consiga realizar quaisquer um dos Movimentos (Troca ou Realocação)
  
- **Parâmetros Gerais:** Esta etapa consiste na especificação dos parâmetros gerais que serão usados no programa. Tais como:
  - Número de dias de aulas por semana
  - Número de Horários por dia
  - Horário em que se iniciam as aulas
  
- **Parâmetros Penalidades:** Nesta etapa o usuário deve informar os pesos que serão usados para penalizar as inviabilidades geradas pelas possíveis alocações de salas. Pesos para as seguintes penalidades:
  - Demanda da turma que exceda a capacidade da sala a qual a turma foi alocada
  - Capacidade da sala ser maior que a demanda da turma alocada
  - Penalidade para a sala que ainda que tenha restrições de uso foi alocada para alguma disciplina
  - Penalidade para restrições de limpeza.

A seguir é apresentada a tela usada pelo programa para o cadastro dos parâmetros citados:

The screenshot shows a window titled "Alocação de Salas" with a menu bar containing "Arquivo", "Cadastros", "Lançamentos", and "Alocar Salas". Below the menu bar is a sub-window titled "Parâmetros do SA #". The main area is titled "Parâmetros do Simulated Annealing" and is organized into four sections:

- Gerais:**
  - Número de Dias de Aulas / Semana: 5
  - Número de Horários no Dia: 14
  - Hora de Início: 7
- Operadores:**
  - Dias Tentativa Troca: 5
  - Vezes Tentativa Troca: 20
  - Dias Tentativa Realocação: 10
  - Vezes Tentativa Realocação: 20
- Penalidades:**
  - Demanda Maior que Capacidade: 80
  - Capacidade Maior que Demanda: 1
  - Restrição Horário de Sala: 5
  - Restrição Reserva Limpeza: 1
- Simulated Annealing:**
  - Alfa: 0.99
  - Iterações Em uma Temperatura: 50
  - Temperatura Inicial: 50.0
  - Temperatura Limite: 0.1
  - Alocação Inicial Aleatória: sim (dropdown menu)

At the bottom of the dialog are two buttons: "Cancelar" and "Confirmar".

**Figura 6. 6 Tela Cadastro de Parâmetros**

- **Início da Execução de Alocação de Salas:** Definidos os parâmetros e dados a serem usados no programa, o usuário poderá iniciar a execução do sistema que visa solucionar o PAS mediante a técnica TS. Nesta etapa o usuário deverá, ainda, informar dois nomes de arquivos com extensão “.html”, um arquivo será usado para gravar a alocação inicial gerada pela execução do sistema e o outro será gravado a melhor alocação encontrada nesta execução. Tanto no arquivo inicial quanto no final constam informações referentes à alocação gerada, como número de inviabilidades da mesma, pesos das penalidades e valor da função objetivo para a alocação produzida.

A seguir a tela usada para solicitar o usuário o nome do arquivo com extensão html onde será gravada a alocação inicial gerada pela execução. A tela usada para solicitação do arquivo que conterá a alocação final é semelhante a esta.

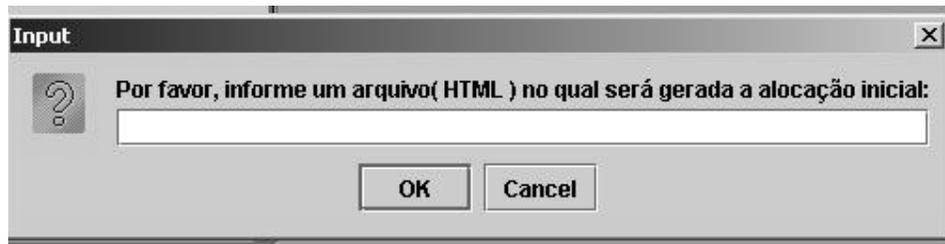


Figura 6. 7 Solicitação do Arquivo (HTML)

## 6.2 Detalhes de Implementação Relacionados ao PAS e a TS

O programa foi modelado e produzido com o objetivo de tornar o mais intuitivo possível a resolução do PAS com a utilização da TS. Para tanto a implementação do mesmo se fundamenta em 6 (seis) componentes principais, que no programa são representados por Classes. Tais Classes visam descrever “estrutura” e “comportamento” de um grupo de objetos semelhantes. As demais Classes do programa, relacionadas à interface, leitura de dados, dentre outras, não serão aqui apresentadas por não estarem diretamente relacionadas ao propósito do trabalho. Os principais componentes, Classes, do sistema são descrito de maneira abstrata (alto nível) e sucinta a seguir:

- **Turma:** Tem por finalidade representar as turmas que precisam ser alocadas. Seus atributos são: horário de realização das aulas; disciplina a qual a turma está relacionada, número de alunos da turma e o código da mesma.
- **Sala:** Tem por finalidade representar as salas as quais a turmas serão alocadas. Seus principais atributos são: nome, capacidade, código da sala e restrições de uso da mesma.
- **Espaço Físico:** Objetiva representar um conjunto de salas. Seus principais atributos são: número de salas, coleção de salas, capacidade total.

- **Corpo Discente:** Objetiva representar o conjunto de todas as turmas do problema em questão. Seus principais atributos são: total de alunos, coleção de turmas e número de turmas.
- **Escola:** Esta classe representa a união do Corpo Discente com o Espaço Físico. Seus principais atributos são: número de dias por semana em que são ministradas aulas, número de horários de aulas por dia, início do horário, Corpo Discente e Espaço Físico.
- **Aplicador TS:** Descreve o comportamento e atributos do método Recozimento Simulado. Seus principais atributos são: valor da taxa de resfriamento, número de iterações para cada valor da temperatura, temperatura inicial e temperatura de congelamento.

Ressalta-se que cada objeto do tipo Escola representa uma solução possível.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1 Introdução

O sistema desenvolvido foi testado em um microcomputador PC AMD Athlon. 1.3 MHz, com 64 MB de RAM sob o sistema operacional Windows 2000. Foram testadas três instâncias afim de se tentar propor uma solução para o PAS. Ressalta-se que o programa foi feito de maneira flexível o que torna imediato o teste com quaisquer outras instâncias, bastando atualizar a base de dados.

As primeiras duas instâncias são fictícias, porém procurou-se ser fiel à proporção entre números de salas, aulas e horários disponíveis observados em casos reais. A terceira instância é baseada no Problema de Alocação de Salas do ICEB da UFOP. Vale relembrar, que esta instância é baseada no da ICEB porque detalhes da mesma, como valores dos parâmetros da TS, restrições das salas e valores das penalidades não foram encontrados.

A seguir um resumo das características das 3 (três) instâncias.

**Tabela 7 1 Instâncias Testadas**

<b>Instância</b>	<b>Número de Salas</b>	<b>Número de Turmas</b>
Instância I	6	48
Instância II	10	73
Instância III	31	254

Pelo fato da Instância III ser a maior instância testada, com mais restrições e ter sido usada para fazer uma observação sobre os resultados obtidos por este trabalho em relação aos resultados de outros trabalhos, as tabelas no Anexo A mostram de maneira mais detalhada esta instância. Tal instância é mostrada no Anexo A para facilitar a organização

e a legibilidade deste trabalho. (Ressalta-se que durante a discussão do trabalho uma ênfase maior será dada a instância III pelos motivos já mencionados).

A seção a seguir faz uma breve discussão sobre a Recozimento Simulado, uma vez que este método está diretamente relacionado, neste trabalho, com o a resolução do PAS.

## 7.2 Discussão sobre a Recozimento Simulado

A melhor compreensão da Recozimento Simulado foi possível de maneira experimental.

A parte do programa destinada à implementação da RS foi feita de forma bem flexível, de maneira que pudessem ser testados, por exemplo, diferentes valores dos parâmetros relacionados a RS (descritos na seção 6.1).

A maior dificuldade encontrada em relação ao método proposto foi a calibragem de seus parâmetros, esta calibragem foi feita através de uma bateria de testes. Sendo que em cada teste, um ou mais valores dos parâmetros eram alterados em relação ao(s) teste(s) anterior(es). Acredita-se que o estudo do PAS e sua resolução baseado na RS seriam amplamente favorecidos se houvesse um esforço para se criar uma base de testes que contivesse não só as aulas a serem alocadas, horários disponíveis e salas, como também, fossem componentes destas bases os parâmetros da RS que produziram uma melhor solução. A existência destes valores favoreceria a calibragem dos parâmetros e facilitariam a proposta de novos valores para os parâmetros de forma a se ter um melhor desempenho da TS.

Observou-se que para taxas maiores de resfriamento,  $\alpha$ , sendo  $0\% \leq \alpha \leq 100\%$ , a RS tinha um melhor desempenho, uma vez que resfriando lentamente a temperatura o sistema tende a uma energia mais fraca, ou seja, o alocação tende à um valor melhor para função objetivo. Neste sentido, após uma série de testes adotou-se  $\alpha = 0.999$ . Este valor de  $\alpha$  esta relacionado com a busca externa, que como visto controla o término do processo de recozimento.

Para a busca interna, que caracteriza a exploração da vizinhança de uma solução atual, controlado pelo número de iterações para cada temperatura,  $IterT$ , adotou-se  $IterT = 1000$ . Ressalta-se que para maiores  $IterT$  a solução final muitas vezes era

beneficiada, contudo o tempo de execução tornava-se também maior. O número de iterações por temperatura obviamente é diretamente proporcional ao tempo de execução.

Os parâmetros, descritos na seção **6.1** deste trabalho, relacionados à geração de vizinhos para uma dada alocação, produziram melhores resultados, quanto maiores fossem seus valores. De maneira análoga ao número de iterações por temperatura, valores maiores para estes parâmetros também implicam em maior tempo de execução. A seguir os valores para estes parâmetros, que testados, melhoraram o desempenho da TS:

- Dias Tentativa Troca = 5
- Vezes Tentativa Troca = 30
- Dias Tentativa Realocação = 5
- Vezes Tentativa Troca = 30

Pôde-se observar que quanto maiores eram os valores destes parâmetros, bem como o valor de *IterT* mais explorado era o espaço de busca, o que casualmente encontrava melhores soluções.

Valores maiores da temperatura permitiram que mais movimentos de piora fossem aceitos, levando a uma maior diversificação das alocações encontradas no espaço de busca. Ao passo que para menores valores da temperatura, há uma intensificação da pesquisa neste espaço. (Entende-se que intensificar a busca implica em visitar regiões próximas da solução atual. Enquanto que diversificar implica em visitar regiões diversas do espaço de busca).

Contudo, percebeu-se que nem sempre esta diversificação é tão viável, dado que muitas vezes, pelo fato do algoritmo aceitar movimentos que degradam a função objetivo, o algoritmo sai de regiões mais promissoras do espaço de busca em direção a regiões não tão viáveis, tendo, algumas vezes, relativa dificuldade de melhorar a solução após este tipo de movimento degradante.

Para soluções iniciais geradas de maneira aleatória, constatou-se que nem sempre as soluções finais geradas eram satisfatórias, como pode ser visto no Anexo B deste trabalho. (O Anexo B traz algumas alocações geradas pelo sistema e comentários sucintos sobre estas alocações, mais uma vez tais informações são dispostas em anexo para facilitar a legibilidade deste trabalho). Então, tentou-se gerar uma solução inicial baseada em uma

heurística, tomando uma aula ainda não alocada de maior demanda e construindo uma lista de candidatos das salas vagas para alocar a aula em questão. Tal lista é ordenada pela capacidade das salas. Posteriormente, uma sala desta lista é sorteada aleatoriamente para alocar esta aula. Caso não exista uma sala que suporte a demanda de uma aula, esta aula é alocada em alguma sala sorteada de maneira aleatória. Como pode ser visto no Anexo B deste trabalho a partir de uma solução inicial melhor, a TS, normalmente, parte em busca de regiões mais promissoras melhorando a função objetivo.

### **7.3 Resultados Computacionais**

Para o cálculo da função objetivo das instâncias I e III foram considerados os seguintes pesos:

- Penalidade para demanda da turma maior que a capacidade da sala: 260 por aluno
- Penalidade para capacidade da sala maior que a demanda da turma: 0.01 por aluno
- Penalidade para restrições de uso das salas que foram violadas: 1.0
- Penalidade para a sala que não ficou pelo menos durante um horário do dia destinada a limpeza, sem alocar turma: 1.0

Já para o cálculo da função objetivo da Instância II, foram considerados os seguintes pesos:

- Penalidade para demanda da turma maior que a capacidade da sala: 100 por aluno
- Penalidade para capacidade da sala maior que a demanda da turma: 5 por aluno
- Penalidade para restrições de uso das que foram violadas: 1.0
- Penalidade para a sala que não ficou pelo menos durante um horário do dia destinada a limpeza, sem alocar turma: 1.0

Para cada uma das instâncias testadas é mostrado o melhor valor encontrado para a função objetivo, é mostrado também o desvio percentual médio em relação à melhor solução encontrada para cada instância no presente trabalho. Para o cálculo do desvio percentual foi realizado uma bateria de testes e considerado os melhores valores para a função objetivo destas execuções. Foram realizadas cerca de 20 (vinte) execuções testes.

**Tabela 7 2 Resultados Computacionais**

<b>Instância</b>	<b>Solução Final (Melhor Solução)</b>	<b>Desvio %</b>
Instância I	5847.29	7.78%
Instância II	35125.00	15.6%
Instância III	27920.94	9.69%

O desvio percentual em relação a melhor solução encontrada para Instância III, 9.69%, é melhor se comparado ao uso da Recozimento Simulado para o Problema de Alocação de Salas do ICEB da UFOP existente na literatura [XAVIER & ARAÚJO, 2001], cujo valor do desvio é de 10.87%. Este resultado apesar de demonstrar que o programa desenvolvido neste trabalho é eficiente e estável não permite afirmar que o programa aqui desenvolvido é melhor que o já existente, visto que como dito anteriormente, a base de dados usada nos dois programas diferem em alguns detalhes, inclusive no valor da função objetivo para a melhor solução.

A seguir é mostrada para a instância III, a grade de horário inicial e final gerada para a execução que produziu a melhor alocação, ou seja, produziu uma melhor função objetivo.

A grade de horários, inicial e final são geradas em arquivos com extensão .html cujos nomes o usuário deve especificar no início da execução do programa.

Nestas grades podem ser observadas as alocações geradas para cada aula, (sendo estas aulas representadas por seus códigos que são números inteiros), no horário e dia em que cada uma destas aulas foram pré-definidas. As células sombreadas indicam que a demanda da turma excedeu a capacidade da sala.

Grade de Horário Inicial:

Ilustração 7. 1 Alocação Semanal Inicial 1

Segunda-feira Dia 0																		
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala 14	--	133	133	--	--	105	105	122	122	--	--	--	--	--	--	--	186	
Sala 13	17	17	17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 12	--	--	--	43	43	185	185	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 11	--	172	172	--	--	--	--	123	123	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 10	--	--	--	223	223	--	--	--	--	151	151	--	--	--	--	--	--	
Sala 9	--	--	--	--	--	--	--	46	46	--	--	--	--	--	--	40	40	
Sala 8	--	148	--	--	--	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	147	
Sala 7	--	--	--	173	173	144	144	159	159	--	--	--	--	--	--	--	64	
Sala 6	--	212	212	--	--	120	120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 5	--	247	247	146	146	--	--	--	--	87	87	169	169	--	--	--	--	
Sala 4	--	--	184	184	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	18	18	
Sala 3	--	162	162	--	--	--	145	145	140	--	--	65	65	65	65	--	--	
Sala 2	--	--	--	130	130	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	213	
Sala 1	--	166	166	44	44	--	--	--	--	--	--	--	--	50	50	19	19	
Sala 0	--	94	94	--	--	--	--	--	--	--	--	11	11	11	11	--	--	
Sala 15	--	--	--	--	--	143	143	188	220	220	--	111	111	--	--	--	142	
Sala 16	--	--	--	--	--	131	131	238	238	176	176	236	236	--	--	--	--	
Sala 17	22	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	248	248	--	--	--	--	
Sala 19	16	16	16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 20	--	--	--	149	149	--	--	--	--	--	--	124	124	224	224	29	98	
Sala 21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 22	--	--	--	58	58	83	83	--	--	--	--	--	--	--	--	--	97	
Sala 31	--	225	225	171	171	--	--	--	121	121	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 30	--	--	--	132	132	168	168	--	--	37	37	--	--	--	--	--	--	
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	139	139	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 27	36	36	--	--	--	--	--	--	14	14	--	0	0	--	--	9	9	
Sala 26	--	--	--	--	--	107	107	116	116	--	--	23	23	249	249	--	--	
Sala 25	--	241	241	--	--	47	47	141	141	--	--	--	--	1	1	--	--	
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

Terça-feira Dia 1																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	97	--	--	--	--	--	--	27	27	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	--	199	--	--	--	99	99	--	--	--	--	--	--	--	191	191	--
Sala 12	--	190	190	127	127	--	118	118	--	137	137	13	13	--	149	149	--
Sala 11	147	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	130
Sala 10	221	221	--	187	218	218	218	200	--	--	--	--	--	--	184	184	--
Sala 9	--	57	57	--	--	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 8	209	209	209	86	86	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	--	189	189	126	126	--	--	--	--	--	--	--	--	--	174	174	--
Sala 6	--	--	--	192	192	115	115	104	104	246	246	--	--	--	192	192	--
Sala 5	32	32	--	--	--	--	--	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 4	--	--	--	161	196	196	196	--	--	--	--	229	229	--	--	109	109
Sala 3	--	--	--	5	5	102	102	233	233	--	--	240	240	--	--	--	146
Sala 2	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	213	77	77	24	24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	125
Sala 0	--	211	211	193	193	--	--	--	--	--	--	30	30	--	--	--	--
Sala 15	172	--	--	--	--	160	160	--	--	--	--	49	49	106	106	--	84
Sala 16	206	206	--	--	--	--	--	96	96	--	--	--	--	--	206	206	198
Sala 17	--	194	194	205	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	194	194	--
Sala 18	186	150	150	135	135	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	64	--	--	--	--	61	61	--	--	--	--	--	--	17	17	17	56
Sala 20	--	114	114	101	101	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	158
Sala 21	39	39	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 22	142	--	--	--	--	80	136	136	--	3	3	--	--	16	94	94	--
Sala 31	28	28	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 30	217	217	--	103	103	138	138	167	167	--	--	71	71	--	--	--	--
Sala 29	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	98	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	98	98	--
Sala 26	19	--	--	--	--	--	--	7	7	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	182	182	152	152	--	--	--	--	--	--	--	--	38	38	--	129
Sala 24	--	173	173	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	93

Quarta-feira Dia 2																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	198	--	--	55	55	--	--	--	--	--	--	29	29	--	147	147	--
Sala 13	84	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	38	38	19	--	--	--
Sala 12	--	245	245	195	195	--	--	--	215	215	215	--	207	207	175	175	228
Sala 11	171	131	131	--	--	--	--	0	0	--	--	40	40	127	127	31	153
Sala 10	--	--	--	--	--	181	181	250	250	--	--	--	243	243	--	--	--
Sala 9	--	--	--	193	193	--	--	--	--	--	--	18	142	142	--	--	--
Sala 8	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	--	--	--	177	177	177	--	--	--	50	50	--	148	148	126	--	--
Sala 6	--	120	120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 5	--	121	121	22	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 4	--	--	163	163	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	165	53	53	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	58
Sala 2	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	56	56	--
Sala 1	130	--	--	123	123	108	108	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 0	--	101	101	--	--	--	--	--	--	--	--	--	164	--	--	--	192
Sala 15	--	--	--	--	--	60	60	--	--	--	--	--	235	235	179	179	5
Sala 16	132	--	14	14	--	--	--	124	124	--	--	--	--	--	77	77	--
Sala 17	158	96	96	--	--	--	--	--	--	--	--	34	9	--	--	--	--
Sala 18	146	--	--	--	--	--	--	66	66	66	66	--	--	--	--	--	--
Sala 19	--	47	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	28	28	--	42
Sala 20	125	--	--	112	112	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 21	--	145	145	139	139	--	--	--	--	--	--	--	--	--	194	--	--
Sala 22	--	168	168	--	--	100	100	--	--	--	--	230	--	10	10	--	--
Sala 31	--	--	--	160	160	15	--	63	63	--	--	--	210	210	190	190	174
Sala 30	129	103	103	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	32	76
Sala 29	44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	--	161	161	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	254	--	--	--
Sala 26	--	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	113
Sala 25	93	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	48
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	178

Quinta-feira Dia 3																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22
Sala 13	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 12	--	59	59	--	--	--	--	13	13	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 11	193	136	136	37	37	--	--	--	--	--	--	--	77	77	--	--	--
Sala 10	--	102	102	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	242	242	190	190	232	232	167
Sala 8	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	76	4	4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 6	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 5	--	152	152	15	--	--	--	--	--	--	--	--	39	39	100	100	55
Sala 4	--	138	138	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	61
Sala 3	--	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 2	107	--	--	7	7	--	--	--	--	--	--	--	106	106	46	46	--
Sala 1	191	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	57	57	191	191	--
Sala 0	153	54	54	--	--	--	--	--	--	34	34	34	--	--	--	--	--
Sala 15	163	163	--	--	--	--	--	--	--	--	64	64	--	--	--	--	--
Sala 16	252	252	--	251	251	237	237	237	237	231	231	231	214	214	243	243	--
Sala 17	24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	192	183	183	--	--	--	--	--	--	31	31	180	180	180	--	--	--
Sala 19	228	118	118	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	--	95	95	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	112
Sala 21	--	208	208	--	--	--	--	49	49	--	--	--	150	150	116	116	104
Sala 22	195	--	--	--	--	137	137	30	30	--	158	158	166	166	195	195	--
Sala 31	135	128	128	--	--	51	51	--	--	--	--	43	43	--	--	--	--
Sala 30	--	144	144	27	27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 29	--	--	--	233	233	202	202	234	234	--	253	253	226	226	119	119	119
Sala 27	14	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	110	110	--	203	--	--	--	--	--	--	--	--	--	53	53	--
Sala 25	113	--	--	--	--	--	--	67	67	--	109	109	52	52	91	91	--
Sala 24	178	178	--	--	--	3	3	--	--	117	170	170	170	--	108	108	--

Sexta-feira Dia 4																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	61	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	167	--	--	12	12	12	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 12	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 10	119	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	153	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	104	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 4	--	--	--	51	51	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 2	--	--	--	63	63	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	204	204	--	--	--
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	74	74	74	74	--	--	--	--	--
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	--	--	--	68	68	111	111	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 21	--	--	--	--	--	239	239	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 22	112	--	--	--	--	75	75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 31	--	--	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	110	110	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	244	244	--	--	--	157	157	157	157	157	157	--	--	--

Nesta alocação, nas células sombreadas, como dito, há um número de alunos maior que a capacidade da sala, totalizando 2615 alunos que excederam o total da capacidade destas salas. E para outras salas a demanda da turma foi maior que a capacidade da sala em 8942. O valor da função objetivo para esta alocação foi 680129.44.

A seguir é mostrada a grade de horário final alcançada a partir da grade mostrada anteriormente.

**Ilustração 7. 2 Alocação Semanal Final**

Segunda-feira																		
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	147	
Sala 13	--	241	241	223	223	120	120	--	14	14	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 12	36	36	--	--	--	95	95	122	122	37	37	111	111	11	11	19	19	
Sala 11	--	--	184	184	--	15	15	123	123	--	--	--	--	50	50	--	213	
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	248	248	--	--	--	--	
Sala 9	--	--	--	173	173	143	143	238	238	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 8	--	--	--	125	125	131	131	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 7	--	133	133	--	--	168	168	46	46	87	87	--	--	--	--	--	--	
Sala 6	--	212	212	--	--	107	107	116	116	60	60	--	--	--	--	--	--	
Sala 5	22	22	--	43	43	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	188	188	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 3	--	166	166	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	249	249	--	--	
Sala 1	16	16	16	44	44	144	144	139	139	--	--	0	0	--	--	--	--	
Sala 0	17	17	17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1	40	40	
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	186	
Sala 16	--	247	247	45	45	--	21	21	21	--	--	23	23	--	--	--	64	
Sala 17	--	94	94	149	149	185	185	159	159	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 19	--	--	--	93	93	--	--	--	--	--	--	65	65	65	65	--	--	
Sala 20	--	172	172	--	--	105	105	--	--	--	--	--	--	--	--	18	18	
Sala 21	--	148	--	--	--	83	83	78	78	176	176	--	--	--	--	--	--	
Sala 22	--	--	--	146	146	48	48	--	220	220	151	124	124	--	--	--	--	
Sala 31	--	162	162	--	--	--	--	--	--	--	--	236	236	224	224	9	9	
Sala 30	--	225	225	58	58	--	145	145	121	121	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	169	169	--	--	--	--	
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	140	140	--	--	--	--	--	--	--	142	



Sala 24	97	150	150	192	192	183	183	--	--	--	--	--	--	--	--	--
---------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Quarta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	93	--	14	14	--	--	--	--	215	215	215	--	--	--	--	32	--
Sala 12	146	53	53	140	140	--	--	63	63	--	--	19	19	19	--	--	76
Sala 11	125	161	161	--	--	--	--	250	250	--	--	38	38	--	--	--	--
Sala 10	--	101	101	177	177	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	126	126	--	--
Sala 8	--	96	96	122	122	--	--	--	--	--	--	34	207	207	--	--	42
Sala 7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	190	190	--
Sala 6	158	--	--	--	--	60	60	--	--	--	--	--	97	97	114	114	--
Sala 5	45	245	245	123	123	--	--	--	--	--	--	--	210	210	--	--	--
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	243	243	194	--	192
Sala 3	84	145	145	--	--	--	--	--	--	--	--	230	142	142	--	--	--
Sala 2	198	--	--	--	--	--	--	23	23	--	--	--	--	--	77	77	--
Sala 1	--	168	168	193	193	108	108	124	124	--	--	40	40	254	175	175	--
Sala 0	--	--	163	163	--	--	--	0	0	--	--	18	18	18	--	--	178
Sala 15	129	120	120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 16	130	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	228
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	66	66	66	66	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	235	235	--	--	--
Sala 20	171	47	47	--	15	--	--	--	--	--	--	29	--	179	179	179	--
Sala 21	44	131	131	--	141	--	--	--	--	--	--	--	164	--	--	31	--
Sala 22	165	121	121	--	--	100	100	--	--	--	--	--	--	--	56	56	174
Sala 31	132	--	--	195	195	181	181	--	--	50	50	9	--	--	28	--	58
Sala 30	--	103	103	--	--	--	--	--	--	--	--	--	148	148	--	--	113
Sala 29	--	--	--	55	55	--	--	--	--	--	--	--	186	186	--	--	191
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	153
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quinta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	153	152	152	--	203	--	--	--	--	--	--	--	--	--	53	53	--
Sala 13	58	4	4	27	27	3	3	67	67	--	253	253	115	115	--	--	--
Sala 12	48	208	208	251	251	237	237	237	237	--	--	180	180	180	108	108	104
Sala 11	252	252	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 10	192	54	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	138	138	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	77	--	--	--
Sala 8	228	128	128	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	5	95	95	--	--	216	216	216	--	--	105	105	226	226	--	--	--
Sala 6	193	118	118	7	7	51	51	--	--	231	--	170	170	--	--	--	--
Sala 5	163	163	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	52	52	46	46	61
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	76	136	136	--	--	--	--	--	--	34	34	34	--	--	195	195	--
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	49	49	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	178	178	--	--	--	--	--	13	13	--	201	201	--	--	--	--	22
Sala 0	42	--	--	--	--	--	--	--	--	31	31	31	57	57	--	--	167
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 16	107	--	--	233	233	--	--	--	30	--	64	64	--	--	--	--	--
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	150	--	--	--
Sala 19	--	102	102	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	14	14	15	15	--	--	--	--	--	--	--	--	190	190	116	116	--
Sala 21	135	59	59	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	100	100	112
Sala 22	113	25	25	37	37	--	--	--	--	189	189	--	--	--	243	243	--
Sala 31	24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	106	106	--	--	55
Sala 30	195	110	110	--	--	--	--	--	--	117	117	117	117	--	91	91	--
Sala 29	191	144	144	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	191	191	--
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	219	219	--	--	--

Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	183	183	--	--	--	--	--	--	--	158	158	--	--	119	119	119	

Sexta-feira																						
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 12	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 10	--	--	--	63	63	239	239	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 5	167	--	--	--	--	111	111	--	74	74	74	74	--	--	--	--	--					
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 3	153	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	204	204	--	--	--					
Sala 2	--	--	--	51	51	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 1	--	110	110	244	244	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 0	119	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 15	--	--	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 16	104	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 19	--	--	--	68	68	68	68	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 20	61	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 22	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 31	112	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 30	--	--	--	--	--	12	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					

Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	157	157	157	157	157	157	--	--	--	
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

Na alocação final pôde-se perceber que a demanda das turmas excede a capacidade das salas sombreadas em 46 alunos. Ao passo que a capacidade de outras salas excede a demanda da turma em 6000. O valor da função objetivo para esta alocação foi de 27920.94.

De um modo geral, as soluções encontradas foram bastante satisfatórias. O programa diminui de maneira significativa o valor da função objetivo a partir de uma solução inicial. Contudo, algumas vezes, o programa mantém a solução inicial durante todo o programa, não a melhorando com a execução (vide Anexo B). Isto acontece quando a solução inicial é de boa qualidade, fazendo com que o programa encontre dificuldades de melhorá-la.

A seguir, é mostrada uma outra tabela onde podem ser observadas quantas inviabilidades do tipo quantidade de aluno excede capacidade da sala, o programa retira de uma solução inicial para gerar uma solução final. Para a construção desta tabela também foram consideradas as alocações inicial e final do teste que produziu a melhor alocação para cada uma das instâncias.

**Tabela 7. 1 - Número de Inviabilidades**

Instâncias	Nº Inviabilidades	
	Inicial	Final
Instância I	50	10
Instância II	445	74
Instância III	8942	46

Pôde-se observar que o programa é capaz de retirar um número satisfatório de inviabilidades do tipo demanda maior que a capacidade. Contudo, em alguns testes na alocação final de cada execução, quando comparada a alocação inicial, apresenta um número maior de inviabilidade do tipo capacidade da sala maior que a demanda da turma.

Uma possível deficiência do programa desenvolvido está no fato que apenas para a primeira e segunda instância ele conseguiu gerar soluções em que nenhum aluno excedia a capacidade da sala. Como visto na grade final de horário mostrado nesta seção para a Instância III o programa gerou uma alocação em que 46 alunos no total excediam a capacidade das salas (salas correspondentes a células sombreadas). Isso acontece porque heurísticas não garantem encontrar soluções viáveis mesmo que elas existam, o que não tira o mérito do programa que produziu boas alocações em um tempo viável, em média 20 minutos de execução. Vale lembrar que a automação de Problemas de Programação de Horários, logo também Problema de Alocação de Salas, dificilmente podem ser completamente automatizados, desta forma algumas inviabilidades geradas pelo sistema podem ser retiradas pela intervenção humana, sem, no entanto, ser tão trabalhoso quanto gerar toda uma alocação de boa qualidade manualmente.

Nas alocações geradas durante os testes nenhuma sala, em um mesmo horário, recebeu mais de uma aula; em média uma sala por alocação não tinha um horário ao longo do dia destinado a limpeza, as restrições de uso das salas raramente eram violadas e aulas com horários consecutivos sempre são alocadas em uma mesma sala, fatos que contribuem para a eficiência do programa proposto e qualidade das soluções geradas.

## 8 CONCLUSÕES

A fase inicial deste trabalho, composta basicamente por estudos e pesquisas, propiciaram a compreensão do Problema de Alocação de Salas, da metaheurística Recozimento Simulado e dos conceitos relacionados à estes.

De igual importância, foi a fase que se seguiu a esta etapa inicial de estudos. Esta segunda fase caracterizou-se pela implementação de uma proposta de resolução do PAS mediante a Recozimento Simulado, usando três bases de dados. A implementação propiciou uma maior interação com o tema proposto por este trabalho, visto que toda teoria estudada pôde ser observada na prática e dúvidas não existentes na fase de pesquisa puderam ser observadas e esclarecidas de forma experimental, como por exemplo, quais valores dos parâmetros da RS produziriam uma melhor solução final.

O Problema de Alocação de Salas, para grandes instâncias, levou a uma dificuldade excessiva de se gerar uma alocação manual satisfatória, como era previsto. Tal fato pode ser justificado pelo enorme número de arranjos possíveis que podem ser gerados simplesmente permutando algumas alocações de turmas às salas. Neste momento, pôde-se observar que Problemas de Otimização Combinatória nem sempre podem ter todas suas possíveis soluções enumeradas e comparadas, dificuldade esta que pôde ser observada até mesmo com a execução do programa desenvolvido, uma vez que este não percorre o espaço de busca em toda sua extensão, se isso acontecesse seria um método exato.

O sistema desenvolvido baseado na Recozimento Simulado mostrou-se eficiente para o Problema de Alocação de Salas, produzindo bons resultados ao atender a maioria dos requisitos descritos neste trabalho e retirando um número satisfatório de inviabilidades de uma solução inicial para gerar a solução final, sendo indicado seu uso em substituição as alocações de salas feitas manualmente para grandes instâncias. A flexibilidade de poder executar o programa para outras instâncias, bastando atualizar o Banco de Dados, aumenta a utilidade e funcionalidade do sistema na resolução do PAS.

## **9 TRABALHOS FUTUROS**

Para trabalhos futuros, propõe-se a inclusão de novas restrições ao modelo, uma vez que nesta implementação foram consideradas somente as restrições citadas. É objetivo modificar o programa proposto de modo que ele permita iniciar a execução do sistema a partir de uma solução inicial previamente gerada em outra execução, permitindo assim tentar gerar melhores soluções a partir de boas soluções iniciais. Pretende-se também adicionar mais flexibilidades a interface gráfica do programa desenvolvido e usar uma base de dados real, como por exemplo o Problema de Alocação de Salas da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

# ANEXO A

## DETALHES DA INSTÂNCIA III

Este anexo tem por finalidade mostrar mais detalhes da Instância III, pelo fato desta ter sido usada para fazer-se uma observação em relação a métodos existentes e ser a maior instância. As informações mais relevantes desta instância são apresentadas nas tabelas a seguir.

As Instâncias I e II foram usadas mais para calibragem dos parâmetros e testes do método proposto, sendo estas duas baseadas na Instância III, a apresentação das duas aqui tornaria o trabalho desnecessariamente longo.

Considere CS a abreviação para Código da Sala e CAPS a abreviação para Capacidade da Sala.

**Tabela A 1 Código e Capacidade das Salas**

CS	CAPS	CS	CAPS	CS	CAPS	CS	CAPS
0 -	70	7 -	60	14 -	40	21 -	60
1 -	60	8 -	50	15 -	50	22 -	60
2 -	44	9 -	50	16 -	60	24 -	40
3 -	55	10 -	44	17 -	30	25 -	30
4 -	44	11 -	60	18 -	41	26 -	30
5 -	60	12 -	80	19 -	50	27 -	50
6 -	70	13 -	60	20 -	30	29 -	30
30 -	60	31 -	60				

Considere CT a abreviação para o Código da Turma e DT a abreviação para o Demanda da Turma.

**Tabela A 2 Código e Demanda das Turmas**

<b>CT</b>	<b>DT</b>										
0	40	42	53	84	30	126	48	168	45	210	60
1	40	43	54	85	0	127	48	169	30	211	60
2	40	44	52	86	34	128	48	170	60	212	69
3	46	45	57	87	55	129	48	171	45	213	72
4	60	46	50	88	0	130	48	172	60	214	65
5	60	47	54	89	55	131	48	173	30	215	33
6	0	48	59	90	0	132	50	174	60	216	30
7	60	49	40	91	55	133	40	175	60	217	50
8	0	50	60	92	0	134	0	176	75	218	69
9	60	51	37	93	30	135	48	177	15	219	45
10	60	52	50	94	30	136	48	178	30	220	35
11	30	53	40	95	60	137	48	179	60	221	32
12	40	54	30	96	45	138	48	180	80	222	34
13	30	55	30	97	30	139	48	181	35	223	44
14	50	56	50	98	30	140	48	182	30	224	44
15	56	57	61	99	30	141	48	183	30	225	45
16	60	58	60	100	45	142	48	184	40	226	56
17	61	59	57	101	40	143	48	185	30	227	30
18	60	60	64	102	35	144	30	186	30	228	35
19	62	61	55	103	30	145	55	187	30	229	30
20	60	62	0	104	45	146	30	188	30	230	30
21	60	63	40	105	40	147	25	189	62	231	48
22	60	64	50	106	56	148	25	190	61	232	72
23	40	65	30	107	56	149	25	191	30	233	35
24	60	66	30	108	55	150	25	192	15	234	35
25	60	67	30	109	50	151	60	193	45	235	41
26	0	68	50	110	38	152	30	194	15	236	36
27	60	69	0	111	35	153	30	195	15	237	30
28	60	70	0	112	45	154	0	196	61	238	36
29	60	71	30	113	40	155	0	197	0	239	36
30	30	72	0	114	30	156	0	198	39	240	38
31	60	73	0	115	25	157	30	199	48	241	36
32	60	74	35	116	30	158	25	200	47	242	37
33	0	75	35	117	35	159	30	201	60	243	34
34	50	76	30	118	29	160	30	202	51	244	30
35	0	77	30	119	31	161	30	203	40	245	30
36	65	78	40	120	48	162	48	204	50	246	30
37	40	79	40	121	48	163	65	205	42	247	30
38	50	80	40	122	48	164	37	206	47	248	30
39	66	81	0	123	48	165	56	207	44	249	42
40	62	82	0	124	48	166	45	208	60	250	60
41	0	83	34	125	48	167	30	209	66	251	75
252	43	253	43	254	52						

**Tabela A 3 Salas com Restrições de Uso**

<b>Códigos da Salas</b>	<b>Slots</b>
10	<Seg 23>
14	<Seg 14>
14	<Seg 15>
14	<Qua 23>
24	<Qui 16>
24	<Qui 21>
24	<Qui 22>
25	<Qua 8>
25	<Qui 7>
25	<Qui 22>
25	<Qui 23>
30	<Sex 7>
30	<Sex 8>

## **ANEXO B**

### **EXEMPLOS DE ALOCAÇÕES GERADAS**

Este anexo tem por objetivo mostrar alguns dos resultados obtidos com a execução do método proposto. Os resultados são mostrados em grades de horários, sendo que as células sombreadas indicam alocação de aulas em que a quantidade de aluno excede a capacidade total da sala. As alocações aqui mostradas foram geradas ainda na fase de calibragem dos parâmetros.

A seguir é mostrada a alocação final e inicial gerada em uma das execuções do método implementado para Instância II apresentada neste trabalho. Logo abaixo de cada alocação, inicial e final, são apresentados aspectos importantes destas alocações.

A Alocação Inicial I foi gerada de maneira aleatória, como pode ser visto na Alocação Final I a partir de uma solução inicial aleatória a solução final não é tão satisfatória, fato constatado na maioria dos testes realizados.

**Ilustração B 1 Alocação Semanal Inicial I**

<b>Segunda-feira</b>																				
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
Sala 489	--	--	--	--	--	6	6	--	39	39	--	53	53	--						
Sala 481	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 482	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 483	--	--	--	--	--	7	7	68	68	70	70	--	--	--						
Sala 484	--	--	51	51	--	--	47	47	66	66	--	--	--	--						
Sala 485	--	--	--	--	--	--	19	19	--	--	67	--	--	--						
Sala 486	57	57	--	--	--	14	14	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 487	--	--	--	--	--	--	8	8	--	--	--	--	--	--						
Sala 488	--	--	5	5	5	--	--	11	11	--	--	--	--	--						
Sala 490	--	--	--	--	--	--	62	62	--	13	--	--	--	--						
Sala 491	--	--	9	9	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 492	--	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 493	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 494	--	2	2	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						

<b>Terça-feira</b>																				
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
Sala 489	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 481	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 482	19	19	19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 483	--	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 484	--	--	--	4	4	3	--	5	5	5	--	--	--	--						
Sala 485	--	--	--	--	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 486	--	--	--	58	58	--	--	--	--	43	43	--	--	--						
Sala 487	--	--	--	--	--	8	8	8	--	--	--	--	--	--						
Sala 488	35	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 490	--	--	--	9	--	29	29	13	13	--	--	--	--	--						
Sala 491	--	--	--	--	--	--	--	11	54	54	--	--	--	--						
Sala 492	--	--	14	14	--	--	--	63	63	--	--	--	--	--						
Sala 493	12	12	12	--	--	--	--	--	6	6	--	--	--	--						
Sala 494	40	40	--	--	--	34	34	--	--	--	--	--	--	--						



Quarta-feira														
Horários	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sala 489	32	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 481	--	46	46	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 482	--	--	--	--	40	64	72	72	--	63	63	36	36	--
Sala 483	--	--	33	33	--	17	17	17	--	--	43	43	--	--
Sala 484	--	55	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	--	--	--	--	--	--	50	50	66	66	--	--	--	--
Sala 486	27	27	--	--	16	16	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 487	--	48	48	--	--	--	--	--	18	29	29	--	--	--
Sala 488	--	--	--	61	61	--	54	54	47	47	--	--	--	--
Sala 490	--	--	67	67	58	--	--	--	--	52	52	--	--	--
Sala 491	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 492	--	--	--	--	25	25	56	56	--	--	--	--	26	26
Sala 493	--	--	--	34	--	--	--	--	--	--	41	41	--	--
Sala 494	45	45	--	--	--	--	--	--	--	39	39	--	--	--

Quinta-feira														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	42	42	--	69	--	--	--	--	--	31	31	--	--
Sala 481	--	--	--	49	49	16	16	--	38	38	--	--	--	--
Sala 482	27	27	--	--	--	--	17	17	--	--	--	--	--	--
Sala 483	--	65	65	33	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 484	--	19	19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	15	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 486	--	71	71	--	--	64	71	71	37	--	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	24	24	55	55	--	--	--
Sala 488	68	68	--	--	67	--	61	61	32	30	22	22	--	--
Sala 490	--	46	46	40	40	--	41	41	--	--	--	--	--	--
Sala 491	--	--	52	52	48	48	--	--	--	50	59	--	--	--
Sala 492	28	28	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 493	--	--	--	23	23	--	--	44	44	26	--	--	--	--
Sala 494	--	60	--	2	--	--	21	21	21	--	--	--	--	--

Sexta-feira														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	1	1	--	--	--	--	1	1	--	--	--	--	--	--
Sala 481	51	51	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 482	--	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 483	--	--	--	24	24	--	--	34	34	34	--	--	--	--
Sala 484	--	--	69	69	--	62	62	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	--	--	29	29	29	--	--	--	--	28	28	--	--	--
Sala 486	--	--	--	--	--	--	59	64	64	21	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	31	31	--	25	25	56	56	44	--	--	--
Sala 488	--	57	72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	--	--	--	49	49	--	65	65	--	--	--	--	--	--
Sala 491	--	--	33	33	--	--	--	--	--	66	--	--	--	--
Sala 492	20	20	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 493	--	--	--	42	42	--	--	53	53	--	--	--	--	--
Sala 494	23	23	--	--	--	--	--	--	--	23	23	--	--	--

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 375 alunos

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 0

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza: 0

Valor da função custo para essa alocação: 55900

Os pesos atribuídos as penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 100

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 5

Peso para restrições de sala que foram violadas: 5

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1

**Ilustração B 2 Alocação Semanal Final I**

<b>Segunda-feira</b>														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	2	2	2	--	--	--	--	39	39	--	--	--	--
Sala 481	1	1	--	--	--	--	62	62	--	--	--	--	--	--
Sala 482	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 483	--	--	9	9	--	--	19	19	--	--	--	53	53	--
Sala 484	--	--	--	--	--	--	47	47	--	--	67	--	--	--
Sala 485	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	--	--	7	7	--	--	70	70	--	--	--
Sala 487	35	--	51	51	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 488	--	--	--	--	--	6	6	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	57	57	--	--	--	--	--	--	--	13	--	--	--	--
Sala 491	--	12	--	--	--	14	14	11	11	--	--	--	--	--
Sala 492	--	--	--	--	--	--	--	68	68	--	--	--	--	--
Sala 493	--	--	5	5	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 494	--	--	--	--	--	--	8	8	66	66	--	--	--	--

<b>Terça-feira</b>														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	--	--	--	--	--	--	5	5	5	--	--	--	--
Sala 481	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 482	19	19	19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 483	--	--	--	--	--	34	34	11	--	--	--	--	--	--
Sala 484	--	--	--	58	58	3	--	--	--	43	43	--	--	--
Sala 485	--	60	--	--	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	4	4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 488	35	35	14	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	--	--	--	9	--	29	29	13	13	--	--	--	--	--
Sala 491	12	12	12	--	--	8	8	8	54	54	--	--	--	--
Sala 492	40	40	--	--	--	--	--	63	63	--	--	--	--	--
Sala 493	--	--	--	--	--	--	--	--	6	6	--	--	--	--
Sala 494	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Quarta-feira																				
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
Sala 489	--	--	33	33	16	16	--	--	--	63	63	--	--	--						
Sala 481	--	46	46	--	--	--	54	54	--	39	39	--	--	--						
Sala 482	--	--	--	--	40	--	72	72	--	--	--	--	--	--						
Sala 483	--	--	--	--	--	--	--	--	66	66	43	43	--	--						
Sala 484	--	55	55	--	58	17	17	17	--	--	--	--	--	--						
Sala 485	--	--	--	34	--	64	50	50	--	--	--	--	--	--						
Sala 486	27	27	--	61	61	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 487	--	48	48	--	--	--	--	--	18	29	29	--	--	--						
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	36	36	--						
Sala 490	--	--	--	--	--	--	--	--	--	52	52	--	--	--						
Sala 491	--	--	67	67	--	--	--	--	47	47	--	--	--	--						
Sala 492	32	32	--	--	25	25	56	56	--	--	--	--	26	26						
Sala 493	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	41	41	--	--						
Sala 494	45	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						

Quinta-feira																				
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
Sala 489	--	65	65	--	48	48	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 481	--	46	46	49	49	16	16	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 482	27	27	--	--	--	--	17	17	--	--	31	31	--	--						
Sala 483	--	42	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	38	38	--	--	--	--						
Sala 485	15	15	--	--	--	--	--	24	24	55	55	--	--	--						
Sala 486	--	71	71	--	--	--	71	71	37	--	--	--	--	--						
Sala 487	--	--	52	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 488	68	68	--	40	40	--	61	61	32	26	22	22	--	--						
Sala 490	--	19	19	33	69	--	41	41	--	--	--	--	--	--						
Sala 491	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	59	--	--	--						
Sala 492	28	28	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Sala 493	--	--	--	23	23	--	--	44	44	30	--	--	--	--						
Sala 494	--	60	--	2	67	64	21	21	21	50	--	--	--	--						

Sexta-feira														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	--	--	--	--	--	--	--	--	21	44	--	--	--
Sala 481	--	--	--	--	--	--	--	34	34	34	--	--	--	--
Sala 482	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 483	--	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 484	--	--	69	69	--	--	59	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	--	--	--	24	24	--	1	1	--	--	--	--	--	--
Sala 486	20	20	20	20	--	--	--	64	64	--	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	31	31	--	65	65	--	23	23	--	--	--
Sala 488	51	51	72	--	--	--	--	--	--	28	28	--	--	--
Sala 490	1	1	29	29	29	--	25	25	--	66	--	--	--	--
Sala 491	--	57	33	33	--	--	--	53	53	--	--	--	--	--
Sala 492	23	23	--	49	49	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 493	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 494	--	--	--	42	42	62	62	--	56	56	--	--	--	--

Análise das penalidades:

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 191

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 4

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza: 0

Valor da função custo para essa alocação: 54580

Os pesos atribuídos as penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 100

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 5

Peso para restrições de sala que foram violadas: 5

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1

A alocação inicial mostrada a seguir foi gerada utilizando a heurística descrita na seção 7.2 deste trabalho. Como pode ser observado gerando uma alocação inicial melhor o

método normalmente produz um melhor resultado. Contudo caso a solução inicial já seja de boa qualidade o método implementado pode não conseguir melhorá-la.

**Ilustração B 3 Alocação Semanal Inicial II**

<b>Segunda-feira</b>														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	--	--	--	--	--	47	47	66	66	--	--	--	--
Sala 481	--	--	9	9	3	--	19	19	--	--	--	--	--	--
Sala 482	57	57	--	--	--	--	8	8	--	50	50	53	53	--
Sala 483	1	1	--	--	--	--	--	68	68	--	--	--	--	--
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	--	12	--	--	--	14	14	11	11	--	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	--	--	--	--	--	39	39	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	35	--	5	5	5	--	62	62	--	13	67	--	--	--
Sala 491	--	--	51	51	--	7	7	7	30	30	--	--	--	--
Sala 492	--	--	--	--	--	--	45	45	--	70	70	--	--	--
Sala 493	--	--	--	--	--	6	6	--	--	--	--	--	--	--
Sala 494	--	2	2	2	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>Terça-feira</b>														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	--	--	--	--	--	--	63	63	--	--	--	--	--
Sala 481	--	--	--	58	58	--	--	5	5	5	--	--	--	--
Sala 482	--	--	--	9	--	34	34	9	9	--	--	--	--	--
Sala 483	1	1	--	--	--	8	8	8	6	6	--	--	--	--
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	12	12	12	--	3	3	--	11	11	--	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	--	--	--	13	13	13	--	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	29	29	--	--	--	--	--	--	--
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	35	35	14	14	--	7	7	--	54	54	--	--	--	--
Sala 491	19	19	19	4	4	--	--	4	4	--	--	--	--	--
Sala 492	--	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 493	40	40	--	--	--	--	--	--	--	43	43	--	--	--

Sala 494	--	--	--	--	10	10	--	--	2	2	--	--	--	--
----------	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----

Quarta-feira														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	46	46	28	28	37	37	--	47	47	--	--	26	26
Sala 481	--	--	--	58	58	--	72	72	--	52	52	--	--	--
Sala 482	27	27	--	34	40	40	50	50	18	18	--	--	--	--
Sala 483	--	--	--	--	25	25	--	15	15	--	--	--	--	--
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	--	--	--	61	61	--	56	56	--	--	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	--	--	64	64	--	--	39	39	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	--	--	29	29	--	--	--
Sala 488	--	55	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	45	45	67	67	--	--	54	54	--	--	--	36	36	--
Sala 491	--	--	33	33	--	--	--	--	--	--	41	41	--	--
Sala 492	--	48	48	--	16	16	--	--	66	66	--	--	--	--
Sala 493	32	32	--	--	--	17	17	17	--	--	43	43	--	--
Sala 494	--	--	--	--	--	--	--	--	--	63	63	--	--	--

Quinta-feira														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	28	28	40	40	40	--	--	37	37	18	31	31	--	--
Sala 481	--	--	52	52	--	16	16	--	26	26	--	--	--	--
Sala 482	15	15	--	23	23	--	61	61	--	50	50	--	--	--
Sala 483	68	68	--	49	49	--	17	17	--	--	59	--	--	--
Sala 484	--	19	19	--	--	--	--	--	--	--	22	22	--	--
Sala 485	--	71	71	--	--	--	71	71	--	--	--	--	--	--
Sala 486	--	42	42	--	--	64	64	--	38	38	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	24	24	--	--	--	--	--
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	55	55	--	--	--
Sala 490	27	27	--	--	67	--	--	--	30	30	--	--	--	--
Sala 491	--	--	33	33	69	--	41	41	--	--	--	--	--	--
Sala 492	--	60	--	--	48	48	21	21	21	--	--	--	--	--
Sala 493	--	65	65	--	--	--	--	32	32	--	--	--	--	--

Sala 494	--	46	46	2	--	--	--	44	44	--	--	--	--	--
----------	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Sexta-feira															
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Sala 489	--	57	57	31	31	--	--	26	26	28	28	--	--	--	
Sala 481	--	--	72	--	--	--	--	--	21	21	--	--	--	--	
Sala 482	23	23	--	24	24	--	--	53	53	23	23	--	--	--	
Sala 483	--	--	--	49	49	--	59	59	--	--	--	--	--	--	
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22	22	--	--	--	
Sala 485	1	1	--	--	--	--	1	1	56	56	--	--	--	--	
Sala 486	--	--	--	42	42	--	38	38	--	--	--	--	--	--	
Sala 487	--	--	29	29	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 490	--	35	--	--	--	--	--	--	44	44	44	--	--	--	
Sala 491	51	51	33	33	--	--	25	25	25	25	--	--	--	--	
Sala 492	20	20	20	20	--	62	62	64	64	66	--	--	--	--	
Sala 493	--	--	69	69	--	--	65	65	--	--	--	--	--	--	
Sala 494	--	--	--	--	--	--	--	34	34	34	--	--	--	--	

Análise das penalidades:

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 74

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 5

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza: 0

Valor da função custo para essa alocação: 35125

Os pesos atribuídos as penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 100

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 5

Peso para restrições de sala que foram violadas: 5

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1

**Ilustração B 4 Alocação Semanal Final II**

<b>Segunda-feira</b>															
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Sala 489	--	--	--	--	--	--	47	47	66	66	--	--	--	--	
Sala 481	--	--	9	9	3	--	19	19	--	--	--	--	--	--	
Sala 482	57	57	--	--	--	--	8	8	--	50	50	53	53	--	
Sala 483	1	1	--	--	--	--	--	68	68	--	--	--	--	--	
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 485	--	12	--	--	--	14	14	11	11	--	--	--	--	--	
Sala 486	--	--	--	--	--	--	--	--	39	39	--	--	--	--	
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 490	35	--	5	5	5	--	62	62	--	13	67	--	--	--	
Sala 491	--	--	51	51	--	7	7	7	30	30	--	--	--	--	
Sala 492	--	--	--	--	--	--	45	45	--	70	70	--	--	--	
Sala 493	--	--	--	--	--	6	6	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 494	--	2	2	2	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--	

<b>Terça-feira</b>														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	--	--	--	--	--	--	63	63	--	--	--	--	--
Sala 481	--	--	--	58	58	--	--	5	5	5	--	--	--	--
Sala 482	--	--	--	9	--	34	34	9	9	--	--	--	--	--
Sala 483	1	1	--	--	--	8	8	8	6	6	--	--	--	--
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	12	12	12	--	3	3	--	11	11	--	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	--	--	--	13	13	13	--	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	29	29	--	--	--	--	--	--	--
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	35	35	14	14	--	7	7	--	54	54	--	--	--	--
Sala 491	19	19	19	4	4	--	--	4	4	--	--	--	--	--
Sala 492	--	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 493	40	40	--	--	--	--	--	--	--	43	43	--	--	--
Sala 494	--	--	--	--	10	10	--	--	2	2	--	--	--	--

<b>Quarta-feira</b>														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	46	46	28	28	37	37	--	47	47	--	--	26	26
Sala 481	--	--	--	58	58	--	72	72	--	52	52	--	--	--
Sala 482	27	27	--	34	40	40	50	50	18	18	--	--	--	--
Sala 483	--	--	--	--	25	25	--	15	15	--	--	--	--	--
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 485	--	--	--	61	61	--	56	56	--	--	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	--	--	64	64	--	--	39	39	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	--	--	29	29	--	--	--
Sala 488	--	55	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	45	45	67	67	--	--	54	54	--	--	--	36	36	--
Sala 491	--	--	33	33	--	--	--	--	--	--	41	41	--	--
Sala 492	--	48	48	--	16	16	--	--	66	66	--	--	--	--
Sala 493	32	32	--	--	--	17	17	17	--	--	43	43	--	--
Sala 494	--	--	--	--	--	--	--	--	--	63	63	--	--	--

Quinta-feira														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	28	28	40	40	40	--	--	37	37	18	31	31	--	--
Sala 481	--	--	52	52	--	16	16	--	26	26	--	--	--	--
Sala 482	15	15	--	23	23	--	61	61	--	50	50	--	--	--
Sala 483	68	68	--	49	49	--	17	17	--	--	59	--	--	--
Sala 484	--	19	19	--	--	--	--	--	--	--	22	22	--	--
Sala 485	--	71	71	--	--	--	71	71	--	--	--	--	--	--
Sala 486	--	42	42	--	--	64	64	--	38	38	--	--	--	--
Sala 487	--	--	--	--	--	--	--	24	24	--	--	--	--	--
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	55	55	--	--	--
Sala 490	27	27	--	--	67	--	--	--	30	30	--	--	--	--
Sala 491	--	--	33	33	69	--	41	41	--	--	--	--	--	--
Sala 492	--	60	--	--	48	48	21	21	21	--	--	--	--	--
Sala 493	--	65	65	--	--	--	--	32	32	--	--	--	--	--
Sala 494	--	46	46	2	--	--	--	44	44	--	--	--	--	--

Sexta-feira														
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sala 489	--	57	57	31	31	--	--	26	26	28	28	--	--	--
Sala 481	--	--	72	--	--	--	--	21	21	--	--	--	--	--
Sala 482	23	23	--	24	24	--	--	53	53	23	23	--	--	--
Sala 483	--	--	--	49	49	--	59	59	--	--	--	--	--	--
Sala 484	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22	22	--	--	--
Sala 485	1	1	--	--	--	--	1	1	56	56	--	--	--	--
Sala 486	--	--	--	42	42	--	38	38	--	--	--	--	--	--
Sala 487	--	--	29	29	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 488	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 490	--	35	--	--	--	--	--	44	44	44	--	--	--	--
Sala 491	51	51	33	33	--	--	25	25	25	25	--	--	--	--
Sala 492	20	20	20	20	--	62	62	64	64	66	--	--	--	--
Sala 493	--	--	69	69	--	--	65	65	--	--	--	--	--	--
Sala 494	--	--	--	--	--	--	--	34	34	34	--	--	--	--

Análise das penalidades:

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 74

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 5

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza: 0

Valor da função custo para essa alocação: 35125

Os pesos atribuídos às penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 100

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 5

Peso para restrições de sala que foram violadas: 5

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1

A seguir são mostradas algumas alocações geradas com a execução do sistema para a Instância III. A Alocação Inicial IV foi gerada de maneira aleatória ao passo que a Alocação Inicial III foi gerada heurísticamente.

**Ilustração B 5 Alocação Semanal Inicial III**

Segunda-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	94	94	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	--	--	--	--	--	20	20	--	220	220	--	--	--	--	--	--	--
Sala 12	--	148	--	89	89	107	107	--	--	176	176	--	--	--	--	--	98
Sala 11	--	--	--	58	58	48	48	116	116	--	--	--	--	--	--	18	18
Sala 10	--	--	--	--	--	--	21	21	21	--	--	0	0	--	--	--	--
Sala 9	--	--	--	223	223	--	--	78	78	--	--	111	111	--	--	--	--
Sala 8	--	225	225	171	171	--	--	188	188	--	--	--	--	--	--	--	97
Sala 7	--	--	--	52	52	15	15	--	--	151	151	--	--	50	50	--	--
Sala 6	17	17	17	149	149	144	144	159	159	60	60	124	124	--	--	--	147
Sala 5	--	166	166	44	44	143	143	46	46	--	--	--	--	--	--	29	29
Sala 4	--	--	--	93	93	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	--	--	--	129	129	--	--	55	55	--	--	--	--	249	249	--	64
Sala 2	--	--	184	184	--	--	--	--	--	--	--	248	248	--	--	--	--
Sala 1	--	212	212	43	43	120	120	139	139	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 0	36	36	--	--	--	--	145	145	121	121	--	--	--	224	224	19	19
Sala 15	--	--	--	125	125	--	--	140	140	--	--	--	--	--	--	--	213
Sala 16	--	247	247	--	--	83	83	123	123	87	87	--	--	--	--	40	40
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	133	133	--	--	--	--	--	--	--	--	65	65	65	65	--	186
Sala 19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	236	236	--	--	--	--
Sala 20	--	172	172	132	132	131	131	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 21	22	22	--	130	130	47	47	141	141	--	--	--	--	--	--	--	142
Sala 22	--	--	--	146	146	95	95	122	122	--	--	11	11	11	11	--	--
Sala 31	16	16	16	45	45	168	168	--	14	14	--	--	--	--	--	9	9
Sala 30	--	241	241	173	173	185	185	238	238	--	--	--	--	1	1	--	--
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	--	162	162	--	--	--	--	--	--	37	37	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	169	169	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	--	--	105	105	--	--	--	--	23	23	--	--	--	--



Terça-feira																		
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala 14	39	39	--	103	103	183	183	--	--	--	--	--	--	--	94	94	--	
Sala 13	28	28	--	127	127	160	160	20	20	--	--	--	--	--	174	174	--	
Sala 12	98	211	211	42	42	--	200	200	--	--	--	--	--	--	98	98	--	
Sala 11	18	--	--	135	135	--	136	136	--	--	--	--	--	--	--	--	129	
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	167	167	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 9	19	--	--	76	76	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	109	109	
Sala 8	97	--	--	--	218	218	218	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 7	32	32	--	113	113	128	128	--	--	222	222	--	--	--	--	--	84	
Sala 6	147	190	190	--	--	61	61	--	--	--	--	30	30	--	149	149	165	
Sala 5	221	221	--	101	101	80	80	104	104	--	--	--	--	--	191	191	44	
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	49	49	--	--	--	93	
Sala 3	64	182	182	--	--	--	118	118	--	--	--	--	--	--	--	--	198	
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	184	184	--	
Sala 1	--	114	114	152	152	102	102	233	233	--	--	--	--	--	--	--	158	
Sala 0	217	217	--	5	5	--	--	--	--	--	--	71	71	38	38	--	45	
Sala 15	213	--	--	205	--	54	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	125	
Sala 16	--	194	194	193	193	25	25	--	--	--	--	--	--	--	194	194	--	
Sala 17	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 18	186	--	--	161	161	115	115	--	--	--	--	--	--	--	133	133	--	
Sala 19	--	--	--	187	187	138	138	--	--	227	227	--	--	--	--	--	--	
Sala 20	206	206	--	--	--	--	--	96	96	--	--	--	--	--	206	206	132	
Sala 21	142	57	57	126	126	59	59	7	7	--	--	--	--	17	17	17	130	
Sala 22	--	199	--	179	179	4	4	27	27	3	3	--	--	--	--	--	146	
Sala 31	172	77	77	86	86	--	--	--	--	137	137	13	13	16	16	16	56	
Sala 30	--	173	173	24	24	99	99	--	--	1	1	229	229	106	106	--	171	
Sala 29	--	150	150	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 27	--	--	--	192	192	--	--	--	--	--	--	240	240	--	192	192	--	
Sala 26	209	209	209	--	196	196	196	--	--	246	246	--	--	--	--	--	--	
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 24	--	189	189	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

Quarta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	--	163	163	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	--	245	245	160	160	--	--	--	--	--	--	--	--	127	127	--	178
Sala 12	--	--	--	112	112	108	108	--	--	--	--	--	148	148	--	32	5
Sala 11	129	20	20	122	122	--	--	--	--	--	--	--	--	254	175	175	--
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	0	0	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	--	--	177	177	177	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	76
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	63	63	--	--	34	97	97	--	--	--
Sala 7	84	131	131	--	15	15	--	--	--	50	50	--	235	235	--	--	--
Sala 6	165	--	--	78	78	60	60	124	124	--	--	18	18	18	147	147	174
Sala 5	44	101	101	21	21	21	--	250	250	--	--	29	29	--	143	143	191
Sala 4	93	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	198	--	--	55	55	--	--	--	--	--	--	19	19	19	--	--	--
Sala 2	--	53	53	--	--	--	--	--	--	--	--	230	--	--	--	--	--
Sala 1	158	120	120	193	193	--	--	--	--	--	--	--	164	--	114	114	42
Sala 0	--	121	121	123	123	--	--	--	--	--	--	38	38	28	28	--	153
Sala 15	125	--	--	140	140	--	--	--	--	--	--	--	--	179	179	179	--
Sala 16	--	145	145	22	22	--	--	--	--	--	--	--	207	207	--	--	24
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	10	10	--	--
Sala 18	--	161	161	--	--	181	181	--	--	--	--	--	186	186	--	--	228
Sala 19	56	--	14	14	--	--	--	--	--	--	--	40	40	--	56	56	113
Sala 20	132	96	96	36	36	100	100	--	215	215	215	--	243	243	189	189	--
Sala 21	130	47	47	141	141	--	--	--	--	--	--	--	142	142	--	31	107
Sala 22	146	--	--	139	139	--	--	66	66	66	66	--	--	126	126	--	--
Sala 31	45	168	168	--	--	--	--	--	--	--	--	9	9	--	77	77	48
Sala 30	171	--	--	99	99	--	--	--	--	--	--	--	210	210	--	--	58
Sala 29	--	--	--	195	195	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	--	103	103	--	--	--	--	--	--	--	--	--	162	162	194	--	192
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	190	190	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--

Quinta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	183	183	--	--	--	--	--	--	117	117	117	117	--	--	--	--
Sala 13	178	178	--	--	--	--	--	234	234	--	--	43	43	--	119	119	119
Sala 12	42	25	25	251	251	--	--	--	--	--	170	170	170	--	108	108	112
Sala 11	135	4	4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	116	116	--
Sala 10	--	--	--	233	233	--	--	--	--	--	253	253	--	--	--	--	167
Sala 9	76	138	138	--	--	--	--	67	67	--	109	109	219	219	--	--	--
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	64	64	52	52	--	--	--
Sala 7	--	128	128	--	--	--	--	--	--	34	34	34	--	--	100	100	61
Sala 6	5	144	144	--	--	--	--	30	30	--	--	226	226	226	159	159	--
Sala 5	191	136	136	--	203	--	--	--	--	231	231	231	166	166	191	191	104
Sala 4	252	252	--	--	--	--	--	49	49	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	--	118	118	--	--	--	--	--	--	--	--	180	180	180	46	46	55
Sala 2	--	110	110	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	53	53	--
Sala 1	193	152	152	--	--	202	202	--	--	--	158	158	--	--	--	--	--
Sala 0	153	208	208	--	--	--	--	--	--	189	189	--	190	190	91	91	--
Sala 15	--	54	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 16	48	--	--	--	--	--	--	--	--	31	31	31	106	106	--	--	--
Sala 17	163	163	--	--	--	216	216	216	--	--	--	214	214	214	--	--	--
Sala 18	228	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	115	115	--	--	--
Sala 19	113	102	102	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	243	243	--
Sala 21	107	59	59	7	7	237	237	237	237	--	242	242	57	57	232	232	22
Sala 22	--	95	95	27	27	3	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 31	14	14	15	15	--	137	137	13	13	--	--	--	77	77	--	--	--
Sala 30	58	--	--	--	--	51	51	--	--	--	201	201	--	--	--	--	--
Sala 29	195	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	150	150	195	195	--
Sala 27	192	--	--	37	37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	105	105	39	39	--	--	--

Sexta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	--	--	--	12	12	12	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 12	112	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 11	119	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 10	167	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	--	--	--	--	111	111	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 8	--	--	--	63	63	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	61	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 6	--	--	--	68	68	68	68	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 5	104	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 2	--	110	110	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 0	153	--	--	--	--	--	--	--	157	157	157	157	157	157	--	--	--
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	204	204	--	--	--
Sala 16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	--	--	--	--	--	239	239	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	--	--	--	--	--	75	75	--	74	74	74	74	--	--	--	--	--
Sala 21	22	--	--	244	244	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 31	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 30	--	--	--	51	51	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Análise das penalidades:

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 1103

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 1

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza:0

Valor da função custo para essa alocação: 397219.56

Os pesos atribuídos as penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 360.0

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 0.01

Peso para restrições de sala que foram violadas: 20.0

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1.0

**Ilustração B 6 Alocação Semanal Final III**

<b>Segunda-feira</b>																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	55	55	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	--	--	--	--	--	168	168	116	116	--	--	23	23	--	--	--	--
Sala 12	17	17	17	89	89	107	107	123	123	176	176	--	--	--	--	--	98
Sala 11	--	172	172	58	58	--	21	21	21	--	--	169	169	--	--	--	97
Sala 10	--	--	--	--	--	185	185	--	220	220	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	162	162	52	52	120	120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 8	--	--	--	223	223	131	131	141	141	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	16	16	16	171	171	83	83	140	140	37	37	--	--	224	224	29	29
Sala 6	--	212	212	125	125	--	--	78	78	--	--	--	--	--	--	9	9
Sala 5	--	--	--	173	173	95	95	--	14	14	--	65	65	65	65	--	142
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1	--	--
Sala 3	--	--	--	--	--	--	--	--	121	121	--	124	124	--	--	--	--
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	--	--	--	45	45	143	143	--	--	--	--	111	111	--	--	--	--
Sala 0	--	241	241	44	44	--	145	145	--	--	--	--	--	--	--	--	213
Sala 15	--	--	--	129	129	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 16	22	22	184	184	--	48	48	139	139	--	--	236	236	50	50	40	40
Sala 17	--	94	94	146	146	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	--	--	--	--	144	144	--	--	--	--	11	11	11	11	--	147
Sala 19	--	--	--	--	--	105	105	188	188	--	--	--	--	--	--	--	186
Sala 20	--	--	--	--	--	47	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 21	36	36	--	--	--	--	--	--	--	60	60	--	--	--	--	--	--
Sala 22	--	148	--	132	132	15	15	238	238	87	87	--	--	249	249	18	18
Sala 31	--	247	247	43	43	--	--	46	46	151	151	0	0	--	--	19	19
Sala 30	--	225	225	130	130	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 29	--	--	--	149	149	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	--	166	166	93	93	--	--	122	122	--	--	--	--	--	--	--	64
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	159	159	--	--	248	248	--	--	--	--
Sala 24	--	133	133	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Terça-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	--	--	76	76	--	118	118	--	--	--	--	--	--	133	133	--
Sala 13	28	28	--	--	--	61	61	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 12	172	211	211	--	--	80	80	--	--	--	--	--	--	--	192	192	158
Sala 11	18	194	194	193	193	160	160	--	--	--	--	--	--	16	16	16	146
Sala 10	221	221	--	86	86	115	115	233	233	227	227	30	30	--	194	194	--
Sala 9	--	--	--	192	192	--	200	200	--	--	--	--	--	--	--	109	109
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	147	77	77	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	130
Sala 6	19	189	189	205	218	218	218	--	--	1	1	240	240	--	191	191	165
Sala 5	142	150	150	126	126	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 4	--	--	--	152	152	183	183	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	98	--	--	42	42	--	--	167	167	--	--	49	49	--	94	94	--
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	10	10	--	113	113	99	99	20	20	--	--	--	--	--	184	184	44
Sala 0	209	209	209	--	196	196	196	7	7	--	--	--	--	--	--	--	45
Sala 15	217	217	--	161	161	102	102	--	--	--	--	--	--	38	38	--	125
Sala 16	32	32	--	24	24	--	136	136	--	--	--	--	--	--	174	174	198
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	149	149	--
Sala 18	--	--	--	101	101	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	84
Sala 19	64	199	--	--	--	138	138	--	--	137	137	13	13	--	98	98	--
Sala 20	--	--	--	--	--	128	128	--	--	222	222	--	--	--	--	--	56
Sala 21	213	57	57	103	103	59	59	104	104	--	--	--	--	17	17	17	93
Sala 22	--	--	--	179	179	--	--	--	--	3	3	--	--	--	--	--	129
Sala 31	39	39	--	127	127	--	--	--	--	--	--	--	--	106	106	--	171
Sala 30	--	190	190	5	5	4	4	27	27	246	246	229	229	--	--	--	132
Sala 29	--	173	173	187	187	54	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	206	206	--	135	135	--	--	96	96	--	--	--	--	--	206	206	--
Sala 26	97	114	114	--	--	--	--	--	--	--	--	71	71	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	186	182	182	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quarta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	198	--	--	78	78	--	--	--	--	--	--	--	97	97	--	--	--
Sala 13	146	161	161	21	21	21	--	124	124	--	--	29	29	179	179	179	178
Sala 12	165	--	--	--	--	108	108	0	0	--	--	19	19	19	--	32	5
Sala 11	--	--	--	177	177	177	--	--	--	--	--	--	--	28	28	--	42
Sala 10	--	53	53	195	195	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	44	120	120	122	122	--	--	--	--	--	--	--	186	186	--	--	--
Sala 8	--	--	--	112	112	--	--	--	--	--	--	--	162	162	143	143	191
Sala 7	--	47	47	--	15	15	--	250	250	--	--	18	18	18	77	77	174
Sala 6	125	168	168	36	36	100	100	63	63	--	--	230	--	--	189	189	153
Sala 5	56	121	121	--	--	--	--	--	--	50	50	--	--	--	--	--	58
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	243	243	114	114	--
Sala 3	93	131	131	55	55	--	--	--	--	--	--	--	235	235	147	147	--
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	215	215	215	--	164	--	--	--	--
Sala 1	--	--	--	22	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	190	190	228
Sala 0	--	145	145	141	141	--	--	23	23	--	--	34	210	210	175	175	48
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	192
Sala 16	132	--	--	123	123	--	--	--	--	--	--	--	--	127	127	--	24
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	66	66	66	66	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	171	--	14	14	--	--	--	--	--	--	--	--	148	148	--	--	--
Sala 20	45	245	245	--	--	181	181	--	--	--	--	9	9	126	126	--	--
Sala 21	130	--	163	163	--	60	60	--	--	--	--	--	142	142	56	56	--
Sala 22	--	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	40	40	254	--	--	113
Sala 31	84	--	--	193	193	--	--	--	--	--	--	38	38	10	10	--	107
Sala 30	--	96	96	139	139	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	31	76
Sala 29	158	103	103	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	129	101	101	140	140	--	--	--	--	--	--	--	207	207	194	--	--
Sala 26	--	--	--	99	99	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	160	160	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quinta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	178	178	--	--	--	--	--	--	--	--	158	158	115	115	--	--	--
Sala 13	--	4	4	27	27	--	--	--	--	--	--	43	43	--	--	--	--
Sala 12	135	59	59	--	--	216	216	216	--	--	170	170	170	--	--	--	--
Sala 11	48	54	54	--	--	--	--	234	234	--	253	253	166	166	53	53	--
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	105	105	--	--	119	119	119
Sala 9	153	128	128	--	--	51	51	--	--	--	109	109	--	--	--	--	--
Sala 8	193	110	110	--	--	--	--	67	67	--	64	64	150	150	--	--	--
Sala 7	42	183	183	--	--	--	--	--	--	--	--	226	226	226	100	100	--
Sala 6	5	208	208	--	--	--	--	13	13	--	--	214	214	214	--	--	--
Sala 5	58	136	136	--	--	--	--	30	30	231	231	231	219	219	--	--	--
Sala 4	252	252	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	91	91	--
Sala 2	113	102	102	37	37	--	--	--	--	117	117	117	117	--	--	--	--
Sala 1	14	14	--	--	--	--	--	49	49	34	34	34	77	77	--	--	--
Sala 0	163	163	--	7	7	237	237	237	237	189	189	--	39	39	--	--	112
Sala 15	192	--	--	--	--	3	3	--	--	--	--	--	--	--	159	159	--
Sala 16	--	138	138	--	203	--	--	--	--	--	242	242	190	190	46	46	--
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	118	118	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	76	--	--	--	--	137	137	--	--	--	--	--	--	--	195	195	--
Sala 20	107	25	25	233	233	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 21	--	--	--	251	251	202	202	--	--	--	--	180	180	180	232	232	104
Sala 22	195	95	95	--	--	--	--	--	--	--	201	201	--	--	--	--	22
Sala 31	24	--	15	15	--	--	--	--	--	--	--	--	57	57	191	191	61
Sala 30	191	144	144	--	--	--	--	--	--	31	31	31	106	106	108	108	--
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	116	116	--
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	52	52	243	243	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	55
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	167
Sala 24	228	152	152	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sexta-feira																		
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala 14	167	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 12	--	--	--	68	68	68	68	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 10	--	--	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 9	--	110	110	--	--	239	239	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 8	--	--	--	51	51	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 7	61	--	--	--	--	111	111	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 0	--	--	--	244	244	75	75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 16	104	--	--	12	12	12	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 19	112	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 20	22	--	--	63	63	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 21	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 22	--	--	--	--	--	--	--	--	74	74	74	74	--	--	--	--	--	
Sala 31	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	204	204	--	--	--	
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 25	153	--	--	--	--	--	--	--	157	157	157	157	157	157	--	--	--	
Sala 24	119	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

Análise das penalidades:

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 51

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 4

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza:

Valor da função custo para essa alocação: 31471.129

Os pesos atribuídos as penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 360.0

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 0.01

Peso para restrições de sala que foram violadas: 20.0

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1.0

Ilustração B 7 Alocação Semanal Inicial IV

Segunda-feira																						
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
Sala 14	--	133	133	--	--	105	105	122	122	--	--	--	--	--	--	--	186					
Sala 13	17	17	17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 12	--	--	--	43	43	185	185	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 11	--	172	172	--	--	--	--	123	123	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 10	--	--	--	223	223	--	--	--	--	151	151	--	--	--	--	--	--					
Sala 9	--	--	--	--	--	--	--	46	46	--	--	--	--	--	--	40	40					
Sala 8	--	148	--	--	--	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	147					
Sala 7	--	--	--	173	173	144	144	159	159	--	--	--	--	--	--	--	64					
Sala 6	--	212	212	--	--	120	120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 5	--	247	247	146	146	--	--	--	--	87	87	169	169	--	--	--	--					
Sala 4	--	--	184	184	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	18	18					
Sala 3	--	162	162	--	--	--	145	145	140	--	--	65	65	65	65	--	--					
Sala 2	--	--	--	130	130	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	213					
Sala 1	--	166	166	44	44	--	--	--	--	--	--	--	--	50	50	19	19					
Sala 0	--	94	94	--	--	--	--	--	--	--	--	11	11	11	11	--	--					
Sala 15	--	--	--	--	--	143	143	188	220	220	--	111	111	--	--	--	142					
Sala 16	--	--	--	--	--	131	131	238	238	176	176	236	236	--	--	--	--					
Sala 17	22	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	248	248	--	--	--	--					
Sala 19	16	16	16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 20	--	--	--	149	149	--	--	--	--	--	--	124	124	224	224	29	98					
Sala 21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 22	--	--	--	58	58	83	83	--	--	--	--	--	--	--	--	--	97					
Sala 31	--	225	225	171	171	--	--	--	121	121	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 30	--	--	--	132	132	168	168	--	--	37	37	--	--	--	--	--	--					
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	139	139	--	--	--	--	--	--	--	--					
Sala 27	36	36	--	--	--	--	--	--	14	14	--	0	0	--	--	9	9					
Sala 26	--	--	--	--	--	107	107	116	116	--	--	23	23	249	249	--	--					
Sala 25	--	241	241	--	--	47	47	141	141	--	--	--	--	1	1	--	--					
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					

Terça-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	97	--	--	--	--	--	--	27	27	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	--	199	--	--	--	99	99	--	--	--	--	--	--	--	191	191	--
Sala 12	--	190	190	127	127	--	118	118	--	137	137	13	13	--	149	149	--
Sala 11	147	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	130
Sala 10	221	221	--	187	218	218	218	200	--	--	--	--	--	--	184	184	--
Sala 9	--	57	57	--	--	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 8	209	209	209	86	86	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	--	189	189	126	126	--	--	--	--	--	--	--	--	--	174	174	--
Sala 6	--	--	--	192	192	115	115	104	104	246	246	--	--	--	192	192	--
Sala 5	32	32	--	--	--	--	--	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 4	--	--	--	161	196	196	196	--	--	--	--	229	229	--	--	109	109
Sala 3	--	--	--	5	5	102	102	233	233	--	--	240	240	--	--	--	146
Sala 2	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	213	77	77	24	24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	125
Sala 0	--	211	211	193	193	--	--	--	--	--	--	30	30	--	--	--	--
Sala 15	172	--	--	--	--	160	160	--	--	--	--	49	49	106	106	--	84
Sala 16	206	206	--	--	--	--	--	96	96	--	--	--	--	--	206	206	198
Sala 17	--	194	194	205	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	194	194	--
Sala 18	186	150	150	135	135	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	64	--	--	--	--	61	61	--	--	--	--	--	--	17	17	17	56
Sala 20	--	114	114	101	101	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	158
Sala 21	39	39	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 22	142	--	--	--	--	80	136	136	--	3	3	--	--	16	94	94	--
Sala 31	28	28	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 30	217	217	--	103	103	138	138	167	167	--	--	71	71	--	--	--	--
Sala 29	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	98	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	98	98	--
Sala 26	19	--	--	--	--	--	--	7	7	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	182	182	152	152	--	--	--	--	--	--	--	--	38	38	--	129
Sala 24	--	173	173	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	93

Quarta-feira																		
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala 14	198	--	--	55	55	--	--	--	--	--	--	29	29	--	147	147	--	
Sala 13	84	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	38	38	19	--	--	--	
Sala 12	--	245	245	195	195	--	--	--	215	215	215	--	207	207	175	175	228	
Sala 11	171	131	131	--	--	--	--	0	0	--	--	40	40	127	127	31	153	
Sala 10	--	--	--	--	--	181	181	250	250	--	--	--	243	243	--	--	--	
Sala 9	--	--	--	193	193	--	--	--	--	--	--	18	142	142	--	--	--	
Sala 8	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 7	--	--	--	177	177	177	--	--	--	50	50	--	148	148	126	--	--	
Sala 6	--	120	120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 5	--	121	121	22	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 4	--	--	163	163	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 3	165	53	53	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	58	
Sala 2	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	56	56	--	
Sala 1	130	--	--	123	123	108	108	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 0	--	101	101	--	--	--	--	--	--	--	--	--	164	--	--	--	192	
Sala 15	--	--	--	--	--	60	60	--	--	--	--	--	235	235	179	179	5	
Sala 16	132	--	14	14	--	--	--	124	124	--	--	--	--	--	77	77	--	
Sala 17	158	96	96	--	--	--	--	--	--	--	--	34	9	--	--	--	--	
Sala 18	146	--	--	--	--	--	--	66	66	66	66	--	--	--	--	--	--	
Sala 19	--	47	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	28	28	--	42	
Sala 20	125	--	--	112	112	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 21	--	145	145	139	139	--	--	--	--	--	--	--	--	--	194	--	--	
Sala 22	--	168	168	--	--	100	100	--	--	--	--	230	--	10	10	--	--	
Sala 31	--	--	--	160	160	15	--	63	63	--	--	--	210	210	190	190	174	
Sala 30	129	103	103	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	32	76	
Sala 29	44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 27	--	161	161	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	254	--	--	--	
Sala 26	--	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	113	
Sala 25	93	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	48	
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	178	

Quinta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22
Sala 13	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 12	--	59	59	--	--	--	--	13	13	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 11	193	136	136	37	37	--	--	--	--	--	--	--	77	77	--	--	--
Sala 10	--	102	102	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	242	242	190	190	232	232	167
Sala 8	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	76	4	4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 6	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 5	--	152	152	15	--	--	--	--	--	--	--	--	39	39	100	100	55
Sala 4	--	138	138	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	61
Sala 3	--	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 2	107	--	--	7	7	--	--	--	--	--	--	--	106	106	46	46	--
Sala 1	191	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	57	57	191	191	--
Sala 0	153	54	54	--	--	--	--	--	--	34	34	34	--	--	--	--	--
Sala 15	163	163	--	--	--	--	--	--	--	--	64	64	--	--	--	--	--
Sala 16	252	252	--	251	251	237	237	237	237	231	231	231	214	214	243	243	--
Sala 17	24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	192	183	183	--	--	--	--	--	--	31	31	180	180	180	--	--	--
Sala 19	228	118	118	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	--	95	95	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	112
Sala 21	--	208	208	--	--	--	--	49	49	--	--	--	150	150	116	116	104
Sala 22	195	--	--	--	--	137	137	30	30	--	158	158	166	166	195	195	--
Sala 31	135	128	128	--	--	51	51	--	--	--	--	43	43	--	--	--	--
Sala 30	--	144	144	27	27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 29	--	--	--	233	233	202	202	234	234	--	253	253	226	226	119	119	119
Sala 27	14	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	110	110	--	203	--	--	--	--	--	--	--	--	--	53	53	--
Sala 25	113	--	--	--	--	--	--	67	67	--	109	109	52	52	91	91	--
Sala 24	178	178	--	--	--	3	3	--	--	117	170	170	170	--	108	108	--

Sexta-feira																		
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala 14	61	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 13	167	--	--	12	12	12	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 12	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 10	119	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 9	153	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 7	104	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 4	--	--	--	51	51	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 2	--	--	--	63	63	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	204	204	--	--	--	
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	74	74	74	74	--	--	--	--	--	
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 19	--	--	--	68	68	111	111	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 21	--	--	--	--	--	239	239	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 22	112	--	--	--	--	75	75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 31	--	--	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 27	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 25	--	110	110	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 24	--	--	--	244	244	--	--	--	157	157	157	157	157	157	--	--	--	

Análise das penalidades:

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 2615

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 7

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza: 0

Valor da função custo para essa alocação: 680129.44

Os pesos atribuídos as penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 260.0

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 0.01

Peso para restrições de sala que foram violadas: 20.0

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1.0

Ilustração B 8 Alocação Semanal Final IV

Segunda-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	236	236	--	--	--	--
Sala 13	--	247	247	--	--	83	83	46	46	--	--	--	--	--	--	18	18
Sala 12	16	16	16	--	--	105	105	--	--	--	--	111	111	--	--	--	97
Sala 11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0	--	--	--	142
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 8	--	--	--	--	--	143	143	--	14	14	--	248	248	--	--	--	--
Sala 7	17	17	17	43	43	107	107	116	116	--	--	--	--	224	224	40	40
Sala 6	--	212	212	--	--	--	--	188	--	37	37	--	--	--	--	19	19
Sala 5	--	94	94	171	171	120	120	122	122	87	87	--	--	50	50	--	--
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	147
Sala 3	--	241	241	173	173	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	--	162	162	149	149	185	185	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 0	--	172	172	146	146	20	20	238	238	--	--	23	23	--	--	--	64
Sala 15	--	133	133	--	--	131	131	--	220	220	--	124	124	249	249	--	--
Sala 16	--	--	--	44	44	--	145	145	140	151	151	65	65	65	65	--	213
Sala 17	--	--	--	--	--	144	144	--	--	--	--	--	--	--	--	--	98
Sala 18	--	--	184	184	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	186
Sala 19	--	--	--	--	--	--	--	159	159	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	--	148	--	132	132	--	--	123	123	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 21	36	36	--	--	--	--	--	141	141	176	176	--	--	--	--	29	--
Sala 22	--	225	225	130	130	47	47	139	139	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 31	22	22	--	223	223	168	168	--	--	--	--	11	11	11	11	--	--
Sala 30	--	166	166	58	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9	9
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	169	169	--	--	--	--
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	121	121	--	--	--	1	1	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Terça-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	97	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	10	10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	206	206	--
Sala 12	18	57	57	5	5	25	25	27	27	--	--	--	--	106	106	--	198
Sala 11	32	32	--	101	101	61	61	--	--	--	--	--	--	--	194	194	146
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	240	240	--	--	--	--
Sala 9	142	--	--	--	--	--	--	104	104	--	--	--	--	--	--	--	158
Sala 8	206	206	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 7	28	28	--	24	24	160	160	200	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 6	209	209	209	127	127	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	109	109
Sala 5	186	199	--	135	135	--	136	136	--	--	--	--	--	--	--	--	93
Sala 4	--	77	77	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 3	--	--	--	--	--	138	138	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 2	--	--	--	205	--	--	118	118	--	--	--	--	--	--	192	192	--
Sala 1	19	190	190	--	--	80	--	7	7	3	3	30	30	16	--	--	--
Sala 0	39	39	--	--	218	218	218	96	96	137	137	--	--	17	17	17	--
Sala 15	--	--	--	126	126	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	84
Sala 16	213	211	211	--	--	--	--	--	--	--	--	13	13	--	--	--	--
Sala 17	--	114	114	--	--	--	--	167	167	246	246	--	--	--	191	191	--
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	217	217	--	--	--	102	102	233	233	--	--	71	71	--	184	184	129
Sala 20	64	194	194	193	193	--	--	--	--	--	--	--	--	38	38	--	125
Sala 21	172	189	189	--	196	196	196	20	20	--	--	49	49	--	174	174	130
Sala 22	--	150	150	--	--	--	--	--	--	--	--	229	229	--	--	--	--
Sala 31	147	--	--	187	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 30	98	--	--	161	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	94	94	--
Sala 27	221	221	--	86	86	--	--	--	--	--	--	--	--	--	149	149	56
Sala 26	--	--	--	152	152	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	--	182	182	103	103	115	115	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	173	173	192	192	99	99	--	--	--	--	--	--	--	98	98	--

Quarta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	66	66	66	66	--	148	148	--	--	--
Sala 13	56	--	--	--	--	15	--	--	--	--	--	--	--	19	179	179	153
Sala 12	45	131	131	--	--	--	--	--	--	--	--	40	40	--	--	--	5
Sala 11	129	145	145	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	126	--	76
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	--	--	--	--	--	181	181	--	--	--	--	--	--	--	--	--	192
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	--	215	215	215	--	--	--	--	--	--
Sala 7	125	101	101	55	55	--	--	23	23	--	--	29	29	--	--	--	58
Sala 6	165	--	163	163	--	--	--	250	250	--	--	34	--	--	56	56	--
Sala 5	132	168	168	22	22	--	--	--	--	--	--	--	164	127	127	32	--
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	194	--	--
Sala 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 2	158	53	53	195	195	--	--	--	--	--	--	--	207	207	147	147	--
Sala 1	--	--	--	112	112	108	108	--	--	--	--	18	243	243	--	--	174
Sala 0	84	120	120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	254	190	190	48
Sala 15	130	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	228
Sala 16	--	245	245	139	139	21	--	--	--	--	--	38	38	10	10	--	42
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	77	77	--
Sala 18	--	161	161	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 20	171	96	96	123	123	--	--	--	--	--	--	230	235	235	--	--	--
Sala 21	--	47	47	193	193	60	60	--	--	--	--	--	--	28	28	31	--
Sala 22	--	--	14	14	--	100	100	124	124	50	50	--	210	210	--	--	--
Sala 31	44	20	20	--	--	--	--	0	0	--	--	--	142	142	--	--	--
Sala 30	198	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9	--	175	175	178
Sala 29	146	103	103	177	177	177	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	--	121	121	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	113
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 25	93	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	160	160	--	--	63	63	--	--	--	--	--	--	--	--

Quinta-feira																	
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sala 14	178	178	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 13	14	14	--	--	--	--	--	67	67	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 12	135	95	95	251	251	237	237	237	237	231	231	231	190	190	--	--	55
Sala 11	24	208	208	--	--	--	--	--	--	--	--	--	57	57	108	108	--
Sala 10	252	252	--	--	--	--	--	234	234	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 9	76	128	128	--	--	--	--	--	--	--	--	--	150	150	191	191	112
Sala 8	113	152	152	--	203	--	--	--	--	--	64	64	--	--	119	119	119
Sala 7	58	110	110	--	--	202	202	13	13	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 6	153	--	--	--	--	3	3	--	--	117	109	109	214	214	116	116	61
Sala 5	107	4	4	--	--	--	--	--	--	31	31	--	--	--	91	91	--
Sala 4	195	144	144	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	53	53	--
Sala 3	193	118	118	--	--	51	51	30	30	--	253	253	77	77	195	195	167
Sala 2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 1	163	163	--	--	--	--	--	--	--	--	242	242	--	--	--	--	--
Sala 0	48	25	25	233	233	137	137	--	--	--	--	180	180	180	232	232	--
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	166	166	--	--	--
Sala 16	42	102	102	7	7	--	--	--	--	--	--	--	106	106	--	--	--
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 19	191	54	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	46	46	--
Sala 20	--	--	--	--	--	--	--	49	49	--	--	43	43	--	100	100	--
Sala 21	228	183	183	--	--	--	--	--	--	--	--	--	39	39	--	--	--
Sala 22	--	59	59	27	27	--	--	--	--	--	170	170	170	--	243	243	104
Sala 31	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	226	226	--	--	22
Sala 30	192	136	136	15	--	--	--	--	--	34	34	34	52	52	--	--	--
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 27	--	138	138	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	158	158	--	--	--	--	--
Sala 25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sala 24	--	--	--	37	37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Sexta-feira																		
Horários	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala 14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 12	22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	204	204	--	--	--	
Sala 11	167	--	--	63	63	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 7	61	--	--	12	12	12	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 6	--	--	--	68	68	75	75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 2	--	--	--	244	244	--	--	--	74	74	74	74	--	--	--	--	--	
Sala 1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 0	112	--	--	--	--	239	239	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 16	--	110	110	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 19	--	--	--	51	51	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 22	104	--	--	--	--	111	111	--	157	157	157	157	157	157	--	--	--	
Sala 31	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 30	119	--	23	23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 25	153	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sala 24	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

Análise das penalidades:

Número de penalidades de demanda maior que capacidade: 83

Número de penalidades de restrições de sala que foram violadas: 1

Número de salas que estão sem, no mínimo, um horário reservado para limpeza: 0

Valor da função custo para essa alocação: 37018.12

Os pesos atribuídos as penalidades foram os seguintes:

Peso para penalidade de demanda maior que capacidade: 260.0

Peso para penalidade de capacidade maior que demanda: 0.01

Peso para restrições de sala que foram violadas: 20.0

Peso para reservas de sala que não foram feitas: 1.0

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARTS E. e KORST J., *Simulated Annealing and BoltzmannMachine*, John Wiley, 1989.

ABRAMSON, D. *Constructing School Timetables Using Simulated Annealing: Sequential and Parallel Algorithms*, *Management Science*, 37:98-113, 1991.

ANDRADE, C.E. ; BATISTA, F.L.C.; TOSO, R.F. **Modelo de Otimização para Transporte de Cargas em Ambientes Reduzidos**. 2004. Monografia Projeto Orientado (Monografia apresentada para obtenção do título em Bacharel em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Lavras – Lavras.

BARDADYM, V. A. **Computer-Aided School and University Timetabling: The New Wave**, *Lecture Notes in Computer Science*: 1153:22-45,1996.

BERNARDI, R. **Aplicando a Técnica de Times Assíncronos na Otimização de Problemas de Empacotamento Unidimensional**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BIAJOLI F, L. **Resolução do Problema de Programação de Jogos do Campeonato Brasileiro de Futebol**. 2003. Monografia Projeto Orientado (Monografia apresentada para obtenção do título em Bacharel em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.

BURKE, E.K., COWLING, P., LANDA SILVA, J.D. and MCCOLLUM, B. *Three Methods to Automate the Space Allocation Process in UK Universities*, *Lecture Notes in Computer Science*, 2079: 254-276, 2001.

CARTER, M.W. A survey if Practical Applications of Examination Timetabling algorithms. *Operations Reserch*, v. 34, pp. 193-202, 1986.

CARTER, M.V. and TOVEY, C.A. *When Is the Classroom Assignment Problem Hard?* *Operations Research*, 40:S28-S39, 1992.

CASTRO, O. M. **Resolução do problema de alocação de salas de aula via Simulated Annealing**. 2003. Monografia Projeto Orientado (Monografia apresentada para obtenção do título em Bacharel em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.

COOPER, T. B.; KINGSTON, J. H. *The Complexity of Timetable Construction Problems*. In Burke, E.k.; Ross, p. (eds), *Practice and Theory of Automated Timetabling*, v. 1153, Lecture Notes in Computer Science, pp. 283-295. Springer-Verlag, Berlin, 1996.

CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Algoritmos: Teoria e Prática**. Tradução da Segunda Edição Americana por Vandenberg D. de Souza – Rio de Janeiro: Campus, 2002, p.763-807.

COSTA, D. *A tabu search algorithm for computing an operational timetable*. *European Journal of Operational Research*, 76:98-110,1994.

Werra, D. (1995) “An introduction to timetabling”, *European Journal of Operational Research*, 19:151-162, 1994.

COSTA, F.P. **Programação de Horários em Escolas via GRASP e Busca Tabu**. 2003. Monografia Projeto Orientado (Monografia apresentada para obtenção do título em Bacharel em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.

CSIMA J.; GOTLIEB, C.C. Tests on a Computer Method for Construction of School Timetables. *Communications of the ACM*, v. 7, pp. 160-163, 1961.

DOWSLAND, K.A. *Simulated Annealing*, In Reeves, C.R. (ed), *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*, Blackwell Scientific Publications, 20-69, 1993.

DOWSLAND, K.A. *Off-the-Peg or Made-to-Measure? Timetabling and Scheduling with SA and TS*, *Lecture Notes in Computer Science*, 1408:37-52, 1998.

ERBEN, W. and KEPPLER, J. *A Genetic Algorithm Solving a Weekly Course-Timetabling Problem*, *Lecture Notes in Computer Science*, 1153:198-211, 1996.

EVANS, J.R.; MINIEKA, E. *Optimization Algorithms for Network and Graphs*. USA, Marcel Dekker, USA: Marcel Dekker Inc., 1978.

EVEN, S., ITAI, A. and SHAMIR, A. *On the complexity of timetabling and multicommodity flow problems*, *SIAM Journal of Computation*, 5:691-703, 1976.

FEO, T.A.; RESENDE, M.G.C. *Greedy randomized adaptive search procedures*, *Journal of Global Optimization*, 6:109-133, 1995.

GLOVER, F. *Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence*, *Computers and Operations Research*, 5: 553-549, 1986.

GLOVER, F.; LAGUNA, M. *Tabu Search*, *Kluwer academic Publishers*. Boston: 1997.

GOLDENBERG, M. A Arte de Pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: AFILIADA, 1997.

GOTLIEB, C.C. The Construction of Class-Teacher Timetables. In Proceedings of IFIP Congress, pp. 73-77, Amsterdam, 1963.

HERTZ, A. *Tabu search for large scale timetabling problems*, *European Journal of Operational Research*, 54:39-47, 1992.

KIRKPATRICK, S., GELLAT, D. C., VECCHI, M. P., *Optimizations by Simulated Annealing*. *Science* v. 220, pp. 671-680, 1983.

JOHNSON, D.S.; ARAGON, C.R.; MCGEOGH L.A., et C. SCHEVON. **Optimisation Bysimulated Annealing : An Experimental Evaluation ; Part I, Graph Partitionning** . *Operations Research*, 37(6):865-892, 1989.

LUNA, H.P.; GOLDBARG, M.C. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

MAURI, G.R. Resolução do Problema de Programação de Tripulações de um Sistema de Transporte Público via *Simulated Annealing*. 2003. Relatório Técnico – Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto.

MELO, V. **Metaheurísticas para o Problema do Caixeiro Viajante com Coleta de Prêmios**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro: 2001.

MICHALEWICZ, Z., SCHOEMAUER, M. *Evolutionary Algorithms for Constrained Parameter Optimization Problems*. *Evolutionary Computation*, 1996.

NORONHA, T.F. **Uma Abordagem sobre Estratégias Metaheurísticas**. 2000. Projeto Orientado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte. Disponível em:

<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2001e1/cientificos/UmaAbordagemSobreEstrategiasMetaheuristicas.pdf>

PAPADIMITRIOU, C. H.; STEIGLITZ, K. *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*. USA: Dover Publications Inc., 1982.

PARKER, R. G.; RARDIN, R. L. **Discrete Optimization** Computer Science and Scientific Computing Academic Press, Inc., 1988.

RAO, S. S. "Optimization - *Theory and Applications* - Second Edition Wiley Eastern Limited, 1978.

RAUPP, M.P. **Introdução à Otimização Linear**, LNCC, Rio de Janeiro. Notas de Aulas, Curso de Verão LNCC, 2003.

RICH, D.C. *A Smart Genetic Algorithm for University Timetabling*, *Lecture Notes in Computer Science*, 1153: 181-197, 1996.

SANTOS, A.M.; MARQUES, E.; OCHI, L.S. *Design and implementation of a timetable system using genetic algorithm*. *Second International Conference on Practice and Theory of Automated Timetabling*, Toronto, Canada, 1997.

SCHAEFER, A. **A survey of automated timetabling**, *Artificial Intelligence Review*, 13:87-127, 1999.

SOUZA, M.J.F. **Programação de Horários em Escolas: uma Aproximação por Metaheurísticas**. 2000. Dissertação (Doutorado em Ciências em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal de Rio de Janeiro – Rio de Janeiro.

UEDA, H., OUCHI, D., TAKAHASHI, K. and MIYAHARA, T. **A Co-evolving Timeslot/Room Assignment Genetic Algorithm Technique for Universities Timetabling**, *Lecture Notes in Computer Science*, 2079: 48-63, 2001.

WREN, A. *Scheduling, timetabling and rostering – a special relationship? in The Practice and Theory of Automated Timetabling: Selected Papers from the 1 st International Conference*, *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin, 1996.

XAVIER, A.M; ARAÚJO, C.R. **Experiência com simulated annealing e busca tabu na resolução do problema de alocação de salas**. 2001. Relatório (Apresentação PIBIC/Cnpq) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

