

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**ALGORITMO VNS PARA O PROBLEMA DE SEQUENCIAMENTO  
DE TAREFAS EM MÁQUINAS PARALELAS NÃO  
RELACIONADAS COM TEMPOS DE PREPARAÇÃO  
DEPENDENTES DA SEQUÊNCIA**

**FILIFE GOMES DE AZEVEDO**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Diamantina/MG**

**2018**



**FILIFE GOMES DE AZEVEDO**

**ALGORITMO VNS PARA O PROBLEMA DE SEQUENCIAMENTO  
DE TAREFAS EM MÁQUINAS PARALELAS NÃO  
RELACIONADAS COM TEMPOS DE PREPARAÇÃO  
DEPENDENTES DA SEQUÊNCIA**

Trabalho apresentado ao curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Marcelo Ferreira Rego.

**Diamantina/MG**

**2018**

FILIFE GOMES DE AZEVEDO

**ALGORITMO VNS PARA O PROBLEMA DE SEQUENCIAMENTO  
DE TAREFAS EM MÁQUINAS PARALELAS NÃO  
RELACIONADAS COM TEMPOS DE PREPARAÇÃO  
DEPENDENTES DA SEQUÊNCIA**

Trabalho apresentado ao curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Marcelo Ferreira Rego.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

DIAMANTINA,



---

Prof. Marcelo Ferreira Rego, Me.  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Orientador



---

Prof. Áthila Rocha Trindade, Me.  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Examinador



---

Prof. Luis Henrique Silva Rodrigues, Me.  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

A minha mãe, Maria do Rosário (Zara), pelo carinho, dedicação, apoio e suporte ao longo dessa caminhada e todos os familiares que também estiveram juntos.

Aos meus amigos pela força, incentivos e contribuições durante todo esse trajeto, independente se estavam longe ou perto.

Agradeço ao professor Marcelo que gentilmente aceitou ser o meu orientador e ao longo dessa minha jornada teve paciência e me ensinou muito.

À Giovanna Della Santa pelo apoio e compreensão na reta final dessa caminhada.

Agradeço também aos professores e técnicos do Departamento de Computação da UFVJM, que foram extremamente importantes e me guiaram durante essa minha jornada.

*“Tenha talento, trabalhe como um condenado,  
sue sangue, e você conseguirá tudo sem esforço.”*

(HUMBERTO GESSINGER)

## RESUMO

Este trabalho trata o problema de sequenciamento de tarefas em máquinas paralelas não relacionadas com tempos de preparação dependentes da sequência (UPMSP – *Unrelated Parallel Machine Scheduling Problem with Sequence Dependent Setup Times*). Nesse problema, um conjunto de tarefas deve ser processado por um conjunto de máquinas independentes, as tarefas são associadas a um tempo de processamento que é diferente para cada tarefa e depende da máquina a qual ela foi alocada. Além disso, antes de executar cada tarefa, é necessário um tempo para preparar a máquina para executar aquela tarefa, esse é o tempo de preparação, ou tempo de *setup*, que depende da sequência em que as tarefas serão executadas e também depende da máquina utilizada. O objetivo considerado nesse problema é a minimização do maior tempo de conclusão do conjunto de máquinas, também conhecido como *makespan*. Esse problema tem relevância prática, uma vez que é muito encontrado no âmbito industrial, e também relevância teórica, por pertencer a classe de problemas *NP-Difícil*. Com o objetivo de encontrar boas soluções para o UPMSP, foi implementado a metaheurística *Variable Neighborhood Search* (VNS) que utiliza o conceito de estruturas de vizinhança para explorar o espaço de busca e procurar as melhores soluções, escapando de ótimos locais. Nesse trabalho, foram usadas três dessas estruturas de vizinhança para realizar a busca local: inserção entre máquinas, que consiste em remover uma tarefa de uma máquina e alocar em outra máquina; estrutura de troca entre máquinas, que realiza a troca de tarefas entre duas máquinas; e por fim, uma busca local baseada em heurística matemática, que consiste em resolver o sequenciamento de tarefas considerando apenas uma única máquina, utilizando o resolvidor Gurobi. O algoritmo proposto encontrou bons resultados e, em algumas instâncias, encontrou resultados melhores que os resultados apresentados por Arnaout et al. (2014).

**Palavras-chave:** sequenciamento em máquinas paralelas; UPMSP; *makespan*; metaheurísticas; heurísticas matemáticas; estruturas de vizinhança; *Variable Neighborhood Search*; Gurobi.

## ABSTRACT

In this work the problem of sequencing tasks in parallel machines unrelated to sequence dependent preparation times (UPMSP - Unrelated Parallel Machine Scheduling Problem with Sequence Dependent Setup Times) is studied. In this problem, a set of tasks must be processed by a set of independent machines, tasks are associated with a processing time that is different for each task and depends on the machine to which it was allocated. In addition, before running each task, a time is required to prepare the machine to perform that task, this is the preparation time, or setup time, which depends on the sequence in which the tasks will be executed and also depends on the machine used. The objective considered in this problem is the minimization of the longer completion time of the set of machines, also known as makespan. This problem is very relevant both in the practical sense, because it is very found in the industrial sphere, and in the theoretical sense, because it belongs to the class NP-Difficult. With the focus of finding good solutions for the UPMSP, we have implemented the Variable Neighborhood Search (VNS) metaheuristic that uses the concept of neighborhood structures to explore the search space and look for the best solutions, escaping from great locations. In this work, three of these structures were used: insertion structure between machines, which consists in taking a random task from one machine and allocating it randomly in another machine; structure of exchange between machines, which performs the exchange of random tasks between two machines; and a structure based on mathematical heuristics, which separates the total problem into one problem per machine and uses the Gurobi resolver to solve that machine. The proposed algorithm found good results and, in some instances, found better results than the best known results available by Arnaout et al. (2014).

**Key-words:** unrelated parallel machines scheduling; UPMSP; makespan; metaheuristic; mathematical heuristics; neighborhood structures; Variable Neighborhood Search; Gurobi.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Solução para o exemplo - Cota et al. (2017) . . . . .	14
<b>Figura 2</b> – Exemplo de Solução . . . . .	19
<b>Figura 3</b> – <i>Task Move</i> - Silva (2014) . . . . .	22
<b>Figura 4</b> – <i>Swap</i> - Silva (2014) . . . . .	23

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Tempo de configuração das máquinas M1 e M2 - Cota et al. (2017) . . . . .	14
<b>Tabela 2</b>	– Resultados obtidos para as instancias grandes. . . . .	27
<b>Tabela 3</b>	– Resultados obtidos para as instancias pequenas. . . . .	28
<b>Tabela 4</b>	– Instâncias Large - Balanced 2 máquinas . . . . .	35
<b>Tabela 5</b>	– Instâncias Large - Balanced 4 máquinas . . . . .	36
<b>Tabela 6</b>	– Instâncias Large - Balanced 6 máquinas . . . . .	37
<b>Tabela 7</b>	– Instâncias Large - Balanced 8 máquinas . . . . .	38
<b>Tabela 8</b>	– Instâncias Large - Balanced 10 máquinas . . . . .	39
<b>Tabela 9</b>	– Instâncias Large - Balanced 12 máquinas . . . . .	40
<b>Tabela 10</b>	– Instâncias Large - Processing 2 máquinas . . . . .	41
<b>Tabela 11</b>	– Instâncias Large - Processing 4 máquinas . . . . .	42
<b>Tabela 12</b>	– Instâncias Large - Processing 6 máquinas . . . . .	43
<b>Tabela 13</b>	– Instâncias Large - Processing 8 máquinas . . . . .	44
<b>Tabela 14</b>	– Instâncias Large - Processing 10 máquinas . . . . .	45
<b>Tabela 15</b>	– Instâncias Large - Processing 12 máquinas . . . . .	46
<b>Tabela 16</b>	– Instâncias Large - Setup 2 máquinas . . . . .	47
<b>Tabela 17</b>	– Instâncias Large - Setup 4 máquinas . . . . .	48
<b>Tabela 18</b>	– Instâncias Large - Setup 6 máquinas . . . . .	49
<b>Tabela 19</b>	– Instâncias Large - Setup 8 máquinas . . . . .	50
<b>Tabela 20</b>	– Instâncias Large - Setup 10 máquinas . . . . .	51
<b>Tabela 21</b>	– Instâncias Large - Setup 12 máquinas . . . . .	52
<b>Tabela 22</b>	– Instâncias Small - Balanced 2 máquinas . . . . .	53
<b>Tabela 23</b>	– Instâncias Small - Balanced 4 máquinas . . . . .	54
<b>Tabela 24</b>	– Instâncias Small - Balanced 6 máquinas . . . . .	55
<b>Tabela 25</b>	– Instâncias Small - Balanced 8 máquinas . . . . .	56
<b>Tabela 26</b>	– Instâncias Small - Processing 2 máquinas . . . . .	57
<b>Tabela 27</b>	– Instâncias Small - Processing 4 máquinas . . . . .	58
<b>Tabela 28</b>	– Instâncias Small - Processing 4 máquinas . . . . .	59
<b>Tabela 29</b>	– Instâncias Small - Processing 6 máquinas . . . . .	60
<b>Tabela 30</b>	– Instâncias Small - Processing 8 máquinas . . . . .	61
<b>Tabela 31</b>	– Instâncias Small - Setup 2 máquinas . . . . .	62
<b>Tabela 32</b>	– Instâncias Small - Setup 4 máquinas . . . . .	63
<b>Tabela 33</b>	– Instâncias Small - Setup 6 máquinas . . . . .	64
<b>Tabela 34</b>	– Instâncias Small - Setup 8 máquinas . . . . .	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACO	Ant Colony Optimization
ACOII	Two-Stage Ant Colony Optimization
API	Application Programming Interface
CPU	Central Processing Unit
GRASP	Greed Randomized Adaptive Search Procedure
ILS	Iterated Local Search
LAHC	Late Acceptance Hill Climbing
NEH	Nawaz-Enscore-Ham
PMSP	Parallel Machine Scheduling Problem
PR	Path Relinking
RAM	Random Access Memory
SA	Simulated Annealing
SCHC	Step Counting Hill Climbing
UPMSP	Unrelated Parallel Machine Scheduling Problem
VNS	Variable Neighborhood Search

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1 Problema de Sequenciamento	11
1.2 Justificativa	11
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo geral	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
2.1 Descrição do Problema	13
2.2 Formulação Matemática	15
2.3 Trabalhos Relacionados	16
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>19</b>
3.1 Função Objetivo	19
3.2 Representação da Solução	19
3.3 Variable Neighborhood Search	20
3.4 Solução Inicial	21
3.5 Busca Local	21
3.6 Estrutura de Vizinhaça	22
3.6.1 Vizinhaça de Inserçaõ Entre Máquinas	22
3.6.2 Vizinhaça de Troca Entre Máquinas	23
3.6.3 Busca Local com Heurística Matemática	23
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>25</b>
4.1 Instâncias	25
4.2 Resultados Computacionais	25
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>29</b>
5.1 CONCLUSÕES	29
5.2 TRABALHOS FUTUROS	29
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>31</b>
<b>A Resultados Completos</b>	<b>35</b>
A.1 Resultados Completos	35

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMA DE SEQUENCIAMENTO

Este trabalho aborda o problema de sequenciamento de tarefas em máquinas paralelas não relacionadas com tempos de preparação dependente da sequência. Ele é, frequentemente, encontrado na linha de produção de várias indústrias, das quais, desta-se indústria têxtil, de vidro, químicas e de fabricação de papel, bem como algumas indústrias de serviços (França et al., 1996). Segundo Baker and Trietsch (2009), os estudos sobre o problema de sequenciamento simplesmente como alocação de tarefas e as técnicas de otimização começaram alguns anos antes da Segunda Guerra Mundial, enquanto os trabalhos formais sobre esses problemas só ganharam reconhecimento na década de 1950, e os livros apareceram na década de 1960. O problema consiste em agendar as tarefas nas máquinas disponíveis, de tal forma à encontrar a melhor sequência que minimize o tempo total de execução das tarefas (*makespan*).

O algoritmo abordado nesse trabalho para a solução do problema de sequenciamento foi o *Variable Neighborhood Search* (VNS). Ele foi escolhido por possuir uma lista de propriedades positivas e uma grande possibilidade de extensão, o que foi demonstrado no trabalho de Hansen and Mladenović (2003). O algoritmo foi executado para resolver as instâncias disponibilizadas por Rabadı et al. (2006) e comparados com os resultados obtidos por Arnaout et al. (2014).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O problema de sequenciamento de tarefas em máquinas paralelas não relacionadas possui diversas aplicações práticas, como por exemplo: na indústria têxtil, onde é feita a produção é tipos específicos de tecidos, os teares possuem correntes de teia para a fabricação desses tecidos e sempre que o tecido fabricado é mudado, o tear precisa ser reconfigurado com uma nova cadeia de dobras (Gendreau et al., 2001); eletrônica, onde na fabricação de pastilhas semicondutoras, a etapa de corte delas tem o maior tempo de processamento entre as operações de produção, as máquinas precisam ser ajustadas sempre que uma nova pastilha for cortada e essas máquinas não são idênticas, ou seja, cada uma tem um tempo de processamento diferente (Kim et al., 2002); entre outras (Ravetti, 2007). Dessa forma, uma boa solução para esse problema, permite a redução de custos e consequentemente aumento de lucros nessas e em outras indústrias.

Além disso, esse problema, pertence à classe NP-difícil. Assim podemos afirmar, que não se conhece uma forma de resolver o problema em tempo polinomial. Por isso, estudos relativos à problemas NP-difíceis, ainda, são um desafio para a comunidade científica.

Portanto, devido a aplicação prática e a importância teórica, o presente trabalho pretende

abordar o problema de sequenciamento de máquinas paralelas não relacionadas.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo geral

Esse trabalho tem como objetivo principal propor um algoritmo baseado na metaheurística *Variable Neighborhood Search*(VNS), utilizando três estruturas de vizinhança para resolver o problema de sequenciamento de tarefas em máquinas paralelas não relacionadas (UPMSP) com tempos de preparação dependentes da sequência.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Resolver o problema UPMSP considerando o modelo de Rabadi et al. (2006);
- Implementar metaheurística VNS para o problema UPMSP;
- Implementar o modelo matemático simplificado do problema, utilizado em uma das estruturas de vizinhança, no solver comercial Gurobi;
- Implementar as 3 estruturas de vizinhança para o VNS;
- Realizar comparação entre os resultados obtidos e os encontrados por Arnaout et al. (2014).

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por cinco capítulos organizados da seguinte maneira:

No Capítulo 2 a fundamentação teórica que serviu como base para esse trabalho, bem como a descrição e formulação matemática do problema UPMSP são descritos.

A metodologia aplicada para o desenvolvimento dessa monografia está no Capítulo 3.

Os resultados computacionais obtidos com a aplicação das técnicas apresentadas e a descrição dos problemas-teste usados para testar e avaliar as mesmas, são apresentados no Capítulo 4.

A conclusão deste trabalho, juntamente com as propostas de possíveis trabalhos futuros são realizadas no Capítulo 5.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para o entendimento do trabalho.

### 2.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema UPMSP consiste em agendar um conjunto finito de  $N$  tarefas em um conjunto finito de  $M$  máquinas para minimizar o *makespan*. O índice  $i$  indicando uma máquina e o índice  $j$  indicando uma tarefa é comumente encontrada na literatura e por isso será mantida ao longo desse trabalho. A seguir, mais algumas notações e propriedades para descrever o problema.

Cada tarefa  $j$  deve ser processada apenas uma única vez e por apenas uma máquina  $i$ ; toda tarefa  $j$  possui um tempo de processamento  $p_{ij}$  dependente da máquina em que a tarefa será executado. Entre o processamento de duas tarefas existe um tempo de preparação  $S_{ijk}$ , chamado de tempo de *setup*, que representa o tempo necessário para configurar a máquina antes de ela processar outra tarefa. Esse tempo varia de máquina para máquina e da sequência das tarefas.

O problema de sequenciamento em máquinas paralelas (PMSP) sem tempo de configuração pertence à classe NP-Difícil segundo Pinedo (2016), e como o UPMP é uma generalização do PMSP, ele também pertence a classe dos NP-Difíceis.

Para facilitar o entendimento um exemplo retirado de Cota et al. (2017). O exemplo consiste em duas máquinas,  $M1$  e  $M2$ , e seis tarefas. Os tempos de configuração das tarefas são mostrados na Tabela 1.

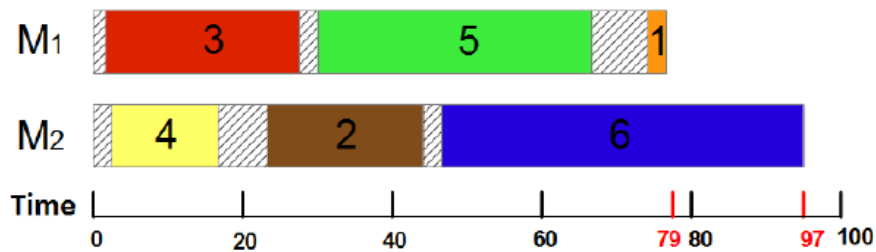
$$M1 : p_{1j} = \{1, 87, 28, 32, 38, 9\}, \quad (2.1)$$

$$M2 : p_{2j} = \{4, 21, 68, 17, 43, 48\}, \quad (2.2)$$

M1	1	2	3	4	5	6	M2	1	2	3	4	5	6
1	3	1	8	1	3	9	8	5	1	6	1	7	
2	4	3	7	3	7	8	6	1	7	7	6	2	
3	7	3	1	2	3	5	7	6	3	9	6	9	
4	3	8	3	2	5	2	3	7	3	2	1	7	
5	8	3	7	9	1	5	5	8	5	6	1	9	
6	8	8	1	2	2	3	7	4	1	7	9	2	

**Tabela 1** – Tempo de configuração das máquinas M1 e M2 - Cota et al. (2017)

A figura 1 mostra uma possível solução para este exemplo. As linhas sombreadas representam os tempos de configuração. A máquina M1 fica com as tarefas 3, 5 e 1 e máquina M2 com as tarefas 4, 2 e 6 nessas respectivas ordens.



**Figura 1** – Solução para o exemplo - Cota et al. (2017)

O custo da máquina  $M1$  é dado por  $C_{M1} = S_{103} + p_{13} + S_{135} + p_{15} + S_{151} + p_{11} = 79$ , e o custo da máquina  $M2$  é dado por  $C_{M2} = S_{204} + p_{24} + S_{242} + p_{22} + S_{226} + p_{26} = 97$ . O *makespan* é dado pelo tempo de conclusão da última máquina em execução. Para esse caso, a máquina é  $M2$  e o *makespan* é 97.



## 2.2 FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Para modelar o problema UPMSR, Rabadi et al. (2006) propuseram um modelo com o objetivo de minimizar o *makespan*. Os dados para esse problema são definidos utilizando a seguinte notação:

$M$  : Conjunto de máquinas paralelas não relacionadas;

$N$  : Conjunto de tarefas a serem processadas;

$P_{ij}$  : tempo de processamento da tarefa  $j$  na máquina  $i$ ;

$S_{ijk}$  : tempo de preparação na máquina  $i$ , quando a tarefa  $j$  precede, imediatamente, a tarefa  $k$ ;

$X_{ijk}$  : variável que assume o valor 1 se a tarefa  $j$  preceder, imediatamente, a tarefa  $k$ , na máquina  $i$ , caso contrário o valor assumido é 0;

$C_j$  : Tempo de conclusão da tarefa  $j$ ;

$C_{max}$  : Tempo máximo de conclusão (*makespan*);

A função objetivo do problema em questão é encontrar o menor tempo de conclusão afim de que todas as tarefas sejam executadas, *makespan*, usando as máquinas disponíveis.

$$\min C_{max} \quad (2.3)$$

As restrições para o modelo são:

$$\sum_{i \in M} \sum_{\substack{j \in \{0\} \cup \{N\} \\ j \neq k}} X_{ijk} = 1, \quad \forall k \in N, \quad (2.4)$$

$$\sum_{i \in M} \sum_{\substack{k \in \{0\} \cup \{N\} \\ j \neq k}} X_{ijk} = 1, \quad \forall j \in N, \quad (2.5)$$

$$\sum_{\substack{k \in \{0\} \cup \{N\} \\ k \neq j}} X_{ijk} = \sum_{\substack{h \in \{0\} \cup \{N\} \\ h \neq j}} X_{ihk}, \quad \forall i \in M, \quad (2.6)$$

$$C_{ik} + V(1 - X_{ijk}) \geq C_{ij} + S_{ijk} + p_{ik}, \quad \forall j \in \{0\} \cup \{N\}, \quad \forall k \in N, \quad j \neq k, \quad \forall i \in M, \quad (2.7)$$

$$\sum_{j \in N} X_{i0j} \leq 1, \quad \forall i \in M, \quad (2.8)$$

$$C_0 = 0, \quad (2.9)$$

$$\sum_{\substack{j \in \{0\} \cup \{N\} \\ j \neq k}} , \sum_{k \in N} (S_{ijk} + p_{ik}) X_{ijk} = O_i, \quad \forall i \in M, \quad (2.10)$$

$$O_i \leq C_{max}, \quad \forall i \in M, \quad (2.11)$$

$$X_{ijk} \in \{0, 1\}, \quad \forall j \in \{0\} \cup \{N\}, \quad \forall k \in N, \quad j \neq k, \quad \forall i \in M. \quad (2.12)$$

Restrição 2.4 garante que cada tarefa seja atribuída a somente uma máquina e tenha somente um antecessor. Restrição 2.5 garante que cada tarefa tenha somente um sucessor. Restrição 2.6 garante que toda tarefa  $j$  tenha um sucessor  $k$  e também um antecessor  $h$ . Restrição 2.7 restringe os tempos de termino das tarefas nas máquinas, ou seja, se uma tarefa  $k$  é alocada em uma máquina  $i$  depois de  $j$  o tempo de termino dessa tarefa deve ser maior ou igual ao tempo de termino de  $j$ , acrescido do tempo de preparação entre  $j$  e  $k$  mais o tempo de processamento de  $k$ , caso contrário, uma constante  $V$  de alto valor, torna a restrição redundante. Restrição 2.8 garante que só exista uma tarefa na primeira posição da sequencia de cada máquina. Restrição 2.9 define o valor de termino da tarefa fictícia como 0. Restrição 2.10 calculo o tempo de termino de cada máquina. Restrição 2.11 faz o calculo do *makespan*. Restrição 2.12 define as variáveis binárias do problema.

### 2.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Será apresentado nessa seção alguns trabalhos com referências recentes, que abordam o UPMSP.

A pesquisa de Arnaout et al. (2014) propõe uma versão melhorada do algoritmo ACO (*Ant Colony optimization*) descrito por Arnaout et al. (2010), o ACO II (*two-stage Ant Colony optimization algorithm*) para tratar o UPMSP com o objetivo de minimizar *omakespan*. O algoritmo possui um laço que resolve o problema em dois estágios, de atribuição e de sequenciamento. O critério de parada utilizado para o laço é quando o número de formigas ou iterações chega ao máximo, a cada iteração as formigas geram novas soluções para o problema. Caso o algoritmo faça a conversão, ou seja encontre uma solução melhor, antes que seja atingido o número máximo de iterações é aplicada uma técnica de reinicialização de feromônio. O algoritmo se mostrou eficiente e superior a Arnaout et al. (2010), Rabadi et al. (2006) e Helal et al. (2006), em todas as instâncias testadas, disponíveis em <http://SchedulingResearch.com>.

Chang and Chen (2011) apresentam uma metaheurística nova, que mescla o algoritmo genético com as propriedades de dominância, que considera trocas de tarefas entre máquinas e na própria máquina buscando o melhor resultado. O problema abordado refere-se ao problema de programação de máquinas paralelas não relacionado (PMSP) com tempos de configuração dependentes da máquina e dependentes da sequência para minimizar o *makespan*. O desempenho desta metaheurística é avaliada usando instâncias da literatura disponibilizadas por Rabadi et al. (2006). Comparando os resultados da literatura com os experimentos da nova metaheurística, é possível ver que ela alcançou resultados ótimos para pequenos problemas e superou alguns dos resultados para problemas maiores encontrados por Rabadi et al. (2006).

Vallada and Ruiz (2011) apresenta um algoritmo genético para o problema de programação de máquina paralela não relacionada com tempos de configuração dependentes da sequência, aplicado a um *benchmark* de instâncias, proposto por ele, disponíveis em <http://soa.iti.es>. O modelo matemático utilizado também foi proposto por ele. O algoritmo usa um novo operador de cruzamento, com objetivo de gerar indivíduos de qualidade através de outros dois, que inclui um procedimento de busca local muito rápido baseado na vizinhança de inserção. Para comparar os seus resultados, ele utiliza o algoritmo proposto por Rabadi et al. (2006) aplicado a suas instâncias. Os resultados encontrados, tanto para as instâncias grandes quanto pequenas, pelo algoritmo genético proposto foi melhor.

Também com o objetivo de minimizar o *makespan* no problema de programação de tarefas em máquinas paralelas com tempo de preparação dependente da sequência e da máquina, Stefanello and Zanetti (2015) utiliza um algoritmo composto de busca local e metaheurística, onde utiliza um solver comercial, CPLEX, na heurística para buscar vizinhos. Os resultados obtidos no trabalho superam a maioria dos resultados do algoritmo genético apresentado por Vallada and Ruiz (2011) e em um tempo computacional relativamente menor.

Silva (2014), trabalhou 4 metaheurísticas, *Simulated Annealing (SA)*, *Iterated Local Se-*

*arch* (ILS), *Late Acceptance Hill Climbing* (LAHC), *Step Counting Hill Climbing* (SCHC), todas com o objetivo de minimizar o makespan do UPMSP com tempo de preparação dependente da sequência. Nesse trabalho foi encontrado um conjunto de parâmetros que geraram resultados melhores que os obtidos por (Vallada and Ruiz, 2011).

Ravetti (2007) utiliza duas metaheurísticas para resolver um problema real de sequenciamento, com o objetivo de minimizar o tempo de conclusão de execução das tarefas. As metaheurísticas implementadas foram *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP) e a *Variable Neighborhood Search* (VNS). No seu trabalho o problema UPMSP tem um diferencial, cada tarefa tem uma data de entrega, onde é permitido atraso nas datas, mas uma punição é aplicada na hora do cálculo da função objetivo.

Com 3 algoritmos híbridos, Haddad (2012) trabalha o problema de sequenciamento em máquinas paralelas não relacionadas com tempos de preparação dependentes da sequência. O primeiro algoritmo desenvolvido por ele é um híbrido dos métodos heurísticos *Iterated Local Search* (ILS), *Variable Neighborhood Descent* (VNS) e *Path Relinking* (PR). O segundo e o terceiro tem esse primeiro como base, mas se diferem por um gerar a solução inicial pela metaheurística *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP) e o outro por um módulo de busca local para gerar a vizinhança do VNS e GRASP. Nos resultados, é apresentado que o terceiro algoritmo, proposto por ele, se mostrou superior aos outros dois e conseguiu obter resultados melhores e com menos tempo de processamento do que os encontrados em Vallada and Ruiz (2011) e Rabadi et al. (2006).

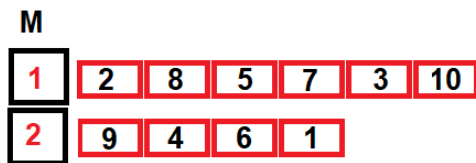
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 FUNÇÃO OBJETIVO

O objetivo para o problema de sequenciamento é minimizar o *makespan*. O problema UPMSP consiste em alocar todas as tarefas nas máquinas disponíveis. Para esse problema, a sequência na qual as tarefas forem alocadas interfere no resultado. Isso ocorre devido existir um tempo de configuração da máquina diferente para cada tarefa (*setup*), o qual muda de acordo com a tarefa que foi executada antes. Para avaliar uma solução desse problema, deve-se utilizar o tempo final de execução, esse valor é o *makespan*.

#### 3.2 REPRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

No algoritmo VNS uma solução qualquer  $s$  é apresentada como um vetor de inteiros, retratando as máquinas. Cada posição desse vetor possui uma lista associada, onde são alocadas as tarefas que foram designadas aquela máquina. A sequência da lista representa a sequência em que as tarefas devem ser executadas na máquina. O vetor de máquinas tem tamanhos diferentes de acordo com o número de máquinas definido na instância do problema. No entanto, a lista de tarefas de cada uma não tem tamanho fixo, essa lista terá o tamanho necessário para salvar todas as tarefas que precisam ser executadas naquela máquina. As tarefas são representadas por números inteiros que vão de 1 a  $n$ , onde  $n$  é o número total de tarefas definido pelo problema.



**Figura 2** – Exemplo de Solução

A Figura 2 ilustra um exemplo de como seria representada uma solução, não necessariamente ótima, de um problema que possui 2 máquinas e 10 tarefas. O vetor  $M$  representa as máquinas do problema e para cada máquina, tem-se uma lista com as tarefas designadas, onde,  $M1$  tem as tarefas 2, 8, 5, 7, 3 e 10 para serem executadas, enquanto a  $M2$  tem as tarefas 9, 4, 6 e 1. Como no UPMSP, as máquinas não são relacionadas, a execução das tarefas é feita independente de qualquer coisa, permitindo que as máquinas executem as tarefas paralelamente e a execução das tarefas é feita na ordem que foram designadas. O instante de tempo em que termina-se a execução de todas as tarefas é o *makespan*.

### 3.3 VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH

De acordo com Hansen and Mladenović (2003) o VNS é uma metaheurística que funciona explorando sistematicamente mudanças de vizinhança com o objetivo de encontrar boas soluções e não ficar preso em ótimos locais. Além disso, o VNS é uma metaheurística simples, com fácil entendimento e implementação, e com grande capacidade de encontrar boas soluções em um "período moderado de tempo" (pag 20, Hansen and Mladenović (2003)) computacional.

O VNS utiliza de estruturas de vizinhança, as quais são utilizadas na etapa de busca local para encontrar as soluções vizinhas melhores que a solução inicial  $s$  fornecida no início.

Neste trabalho, no início do algoritmo, o VNS recebe, como parâmetro, o critério de parada sendo o tempo de CPU( $t$ ), em que  $t = (5 \times N)$  segundos, onde  $N$  é o número de tarefas. O algoritmo VNS necessita de uma solução inicial  $s$ , em seguida essa solução é atribuída a solução corrente  $s$  e, posteriormente, o algoritmo entra no seu laço principal que utiliza o critério de parada que foi recebido anteriormente. Em cada iteração desse laço, o VNS cria um vizinho  $s'$  utilizando uma das estruturas de vizinhança e realiza a busca local nessa estrutura para explorar as soluções vizinhas. A busca interrompe, quando já explorou toda a vizinhança ou encontrou uma solução melhor,  $s''$ , que a solução antiga, quando isso ocorre,  $s''$  se torna a nova solução corrente. Caso toda a vizinhança tenha sido explorada, e não tenha outra solução melhor, o algoritmo finaliza a iteração e passa para uma nova estrutura de vizinhança.

---

#### Algoritmo 1: VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH

---

**Entrada:** critério de parada

```

1  $s \leftarrow SolucaoInicial()$  ;
2 enquanto critério de parada faça
3    $k \leftarrow 1$ ;
4   Gere um vizinho  $s' \in N^k(s)$ ;
5    $s'' \leftarrow BuscaLocal(s', k)$ ;
6   se ( $f(s'') < f(s)$ ) então
7      $s \leftarrow s''$ ;
8      $k \leftarrow 1$ ;
9   fim
10  senão
11     $k \leftarrow k + 1$ ;
12  fim
13 fim
14 retorna  $s$ 

```

---

### 3.4 SOLUÇÃO INICIAL

O algoritmo VNS, apresentado na seção 3.3, necessita primeiramente de uma solução inicial. Assim, para gerar essa solução inicial foi utilizado uma heurística construtiva. Esse tipo de heurística partindo de uma solução vazia gera uma solução viável de maneira gulosa. Para o nosso problema, a cada iteração é selecionada a tarefa com o melhor valor para a função objetivo, ou seja, menor tempo de processamento, e a coloca na solução inicial. A heurística termina quando todas as tarefas disponíveis forem alocadas em alguma máquina.

---

**Algoritmo 2: HEURÍSTICA CONSTRUTIVA**

---

```
1 para cada  $k \in N$  faça
2   | Encontrar a máquina  $i$  e a posição  $j$  para cada tarefa  $k$ , onde  $k$  tenha o menor custo;
   | Inserir  $k$  na máquina  $i$ , posição  $j$ ;
3 fim
```

---

Existem outras formas de gerar essa solução inicial. Ravetti (2007), por exemplo, utilizou a heurística *Nawaz-Enscore-Ham* (NEH), que consiste em uma ordenação das tarefas de acordo com seus valores em todas as máquinas e depois as duas primeiras tarefas são sequenciadas para diminuir o *makespan* parcial, enquanto as outras tarefas são inseridas usando o método guloso. Existe a possibilidade de gerar a solução inicial de maneira aleatória, ou seja, cada tarefa é alocada em uma máquina aleatória e em uma posição de execução também aleatória. Entretanto, as soluções geradas dessa maneira, em sua grande maioria das vezes, são piores do que as que utilizam uma heurística construtiva e por esse motivo esse método não foi adotado para o trabalho.

### 3.5 BUSCA LOCAL

A etapa de busca local tem a finalidade de explorar um espaço de busca. Para isso é necessário um estado inicial válido e então as suas soluções vizinhas serão visitadas em busca de uma solução melhor, se possível, até encontrar um estágio ótimo. O problema é que esses algoritmos podem ficar presos em ótimos locais, que podem, ou não, ser o ótimo global.

O espaço de busca do problema é explorado através de uma estrutura de vizinhança em cada iteração do algoritmo. Para cada estrutura de vizinhança utilizada no algoritmo é aplicada uma busca local que procura na vizinhança utilizada naquela iteração uma solução melhor. Para o algoritmo implementado nesse trabalho, foi utilizado a busca local baseada na heurística *first improvement*.

A *First Improvement*, ou Primeira Melhor, explora um espaço de busca através da geração de vizinhos, para encontrar uma solução melhor que a solução atual. Ela usa uma

estratégia de parar a busca sempre que encontra uma solução melhor que a solução atual. A *First Improvement* é uma alternativa a heurística *Best Improvement*, que faz uma busca completa por toda a vizinhança, visando encontrar a melhor solução daquela vizinhança. No pior caso, a *First Improvement* vai vasculhar todo o espaço de busca igual a *Best Improvement*. Usando essa estratégia, a *First Improvement* evita o esforço computacional de fazer a busca por toda a vizinhança e consegue encontrar soluções melhores.

### 3.6 ESTRUTURA DE VIZINHANÇA

Na metaheurística *Variable Neighborhood Search*, a estrutura de vizinhança é de soma importância, uma vez que a partir delas são geradas as vizinhanças das soluções para que a busca local seja aplicada para encontrar a solução  $s'$ , possivelmente melhor que a solução  $s$  corrente. Além disso, a escolha de uma boa estrutura de vizinhança pode ajudar o algoritmo à fugir de ótimos locais e encontrar boas soluções para o problema.

Uma estrutura de vizinhança define qual a estratégia será utilizada para gerar novos vizinhos a partir da solução  $s$ . Para o problema estudado nesse trabalho os movimentos de troca, inserção e modelagem matemática realizados são feitos na ordem das tarefas nas máquinas, gerando novas soluções com valores diferentes para o *makespan* e novas soluções derivadas da solução  $s$ .

Nesse trabalho foram utilizadas três estruturas de vizinhança para explorar o espaço de soluções, que serão descritas a seguir.

#### 3.6.1 Vizinhança de Inserção Entre Máquinas

Dadas duas máquinas e suas seqüências de tarefas, o movimento de inserção consiste na remoção de uma tarefa de uma máquina e na sua inserção em outra máquina. O conjunto de soluções vizinhas geradas por essa estratégia tem o tamanho do número de tarefas da primeira máquina, vezes o número de tarefas da segunda máquina mais um. Ilustração do movimento em que a tarefa  $j_{10}$  da máquina  $M_x$  é inserida na máquina  $M_y$  após a tarefa  $j_5$ :

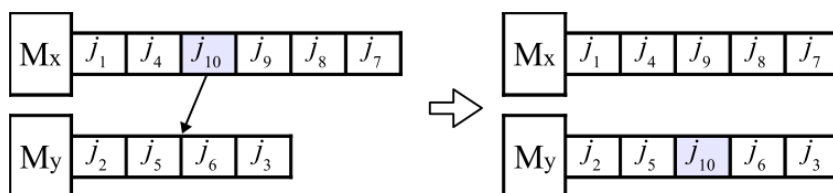
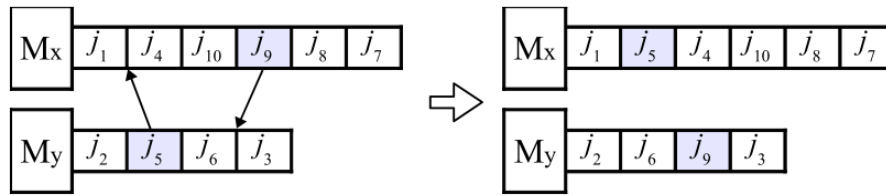


Figura 3 – Task Move - Silva (2014)



### 3.6.2 Vizinhaça de Troca Entre Máquinas

Dadas duas máquinas e suas sequências de tarefas, o movimento de troca consiste em deslocar uma tarefa de uma máquina para a outra e vice-versa. O conjunto de soluções formado por essa estratégia tem tamanho dado pelo número de tarefas da primeira máquina, vezes o número de tarefas da segunda máquina. Ilustração do movimento em que a tarefa  $j_9$  da máquina  $M_x$  é inserida na máquina  $M_y$  após a tarefa  $j_6$  e a tarefa  $j_5$  inserida após a tarefa  $j_1$  da máquina  $M_x$ :



**Figura 4** – *Swap* - Silva (2014)

### 3.6.3 Busca Local com Heurística Matemática

A busca local, baseada em uma heurística matemática, utilizada nesse trabalho consiste em resolver o problema dividindo-o em sub-modelos menores e, supostamente, mais fácil de resolver.

Os sub-modelos formados na divisão do problema podem ser definidos como um problema de sequenciamento em máquina simples. A modelagem utilizada para esses sub-modelos foi:

$$Y_{jk} : \begin{cases} 1, & \text{se a tarefa } j \text{ precede a tarefa } k. \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$C_{max}^i$  : Tempo de termino máximo na máquina  $i$

A função objetivo é:

$$\min C_{max}^i \quad (3.1)$$

Restrições:

$$\sum_{j \in \{0\} \cup \{N\}, j \neq k} Y_{jk} = 1, \quad \forall k \in N, \quad (3.2)$$

$$\sum_{k \in \{0\} \cup \{N\}, j \neq k} Y_{jk} = 1, \quad \forall j \in N, \quad (3.3)$$

$$\sum_{j \in \{0\} \cup \{N\}, j \neq k} \sum_{k \in \{N\}} (S_{jk} + p_k) Y_{jk} = C_{max}^i, \quad (3.4)$$

$$Y_{jk} \in \{0, 1\}, \forall j \in \{0\} \cup \{N\}, j \neq k, \quad (3.5)$$

$$\sum_{j \in \{0\} \cup \{S\}, k \in \{0\} \cup \{S\}, j \neq k} Y_{jk} = |S|, \quad \forall S \subset N, S \neq \emptyset, \quad (3.6)$$

A equação 3.1 define a função objetivo do sub-modelo que é minimizar o *makespan* da máquina  $i$ . A restrição 3.2 garante que cada tarefa  $k$  tenha somente um antecessor, e o antecessor da primeira tarefa e a tarefa fictícia zero. A restrição 3.3 garante que cada tarefa  $k$  tenha um sucessor, e o sucessor da última tarefa é a tarefa fictícia. A restrição 3.4 faz o cálculo do *makespan*. A restrição 3.5 define o domínio das variáveis de decisão. A restrição 3.6 garante um sequenciamento válido, a partir da aplicação de uma estratégia semelhante a eliminação de sub-rotas no problema do caixeiro viajante com dependência de tempo, proposto por Bigras et al. (2008).

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados computacionais obtidos com o algoritmo VNS para as instâncias utilizadas para testar o algoritmo implementado.

Para a realização dos testes foi utilizado um computador com arquitetura de 64 bits com processador *Intel® Core i7 CPU 870 @ 2.93GHz x 8*, 8 GB de memória RAM e sistema operacional *Linux, Ubuntu 16.04*. A linguagem utilizada para implementar os algoritmos foi *C++*, e foram compilados com o *GNU Compiler Collection*, versão 5.4.0. Para a heurística matemática foi utilizado a API (*Application Programming*) do resolvidor comercial *Gurobi* para a linguagem *C++*, utilizado na versão 7, com licença acadêmica.

### 4.1 INSTÂNCIAS

As instâncias utilizadas para testar o algoritmo foram disponibilizadas por Rabadi et al. (2006) e tem a seguinte organização.

Foram utilizadas 2430 instâncias, divididas em dois conjuntos. O primeiro conjunto contendo 1620 instâncias consideradas grandes e o segundo contendo 810 instâncias consideradas pequenas. Cada um desses conjuntos contém três sub-conjuntos: *Processing Domination*, onde o tempo de processamento é predominante nas instâncias; *Setup Domination*, onde o tempo de configuração é predominante; e *Balanced*, onde os tempos de processamento e configuração são balanceados. Cada instância possui um número  $m$  de máquinas,  $n$  de tarefas, uma matriz de tamanho  $m \times n \times n$  com os tempos de configuração de uma tarefa para a outra em cada máquina e outra matriz de tamanho  $m \times n$  com os tempos de processamento de cada tarefa em cada máquina do problema. O conjunto das instâncias grandes é formado pelas combinações de  $n = \{20, 40, 60, 80, 100, 120\}$  e  $m = \{2, 4, 6, 8, 10, 12\}$ , e o conjunto de instâncias pequenas as combinações de  $n = \{6, 7, 8, 9, 10, 11\}$  e  $m = \{2, 4, 6, 8\}$ .

### 4.2 RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Todas as instâncias foram executadas uma vez utilizando o critério de parada de tempo de CPU, que quanto maior é a instância, maior é o tempo dado para a execução. Esse critério é frequentemente utilizado para algoritmos de otimização na literatura. Para esse trabalho foi utilizado  $t = (5 \times N)$  segundos, onde  $N$  é o número de tarefas, o tempo adotado é uma média do que foi relatado por Rabadi et al. (2006). Já Arnaout et al. (2014) utiliza um número fixo de iterações como critério de parada para todas as instâncias. O número de iterações utilizado como critério por ele foi de 15.000, esse valor não foi adotado para o trabalho, porque o custo computacional de uma iteração é maior devido a heurística matemática.

Os resultados apresentados nesse capítulo contêm as médias dos testes de todas as instâncias, sendo que os melhores valores para cada instância estão destacados em negrito. Os resultados completos estão como o apêndice A do trabalho.

A Tabela 2 apresenta a seguinte organização: primeira coluna, que se refere ao número de máquinas; segunda coluna, o número de tarefas; e da terceira até a oitava coluna são os resultados encontrados para as instâncias grandes de acordo com os agrupamentos: *Balanced*, *Processing* e *Setup*. O ACOII representa os resultados encontrados por (Arnaout et al., 2014) para as instâncias, a qual vamos usar como critério de avaliação, pois ele disponibiliza os resultados encontrados para todas as instâncias disponíveis, para os resultados encontrados nesse trabalho; e o VNS, os resultados obtidos utilizando a metaheurística *Variable Neighborhood Search* utilizada nesse trabalho.

NumMath	NumJobs	Balanced		Processing		Setup	
		VNS	ACOII	VNS	ACOII	VNS	ACOII
2	20	<b>1235,2</b>	1235,26	<b>1981,33</b>	1982	<b>1982,6</b>	1982,73
	40	<b>2394,06</b>	2394,93	<b>3659,26</b>	3895,93	<b>3888,06</b>	3888,46
	60	3568,4	<b>3565,13</b>	5532,6	<b>5822,26</b>	5814,86	<b>5814,66</b>
	80	4728,13	<b>4722,86</b>	7735,06	<b>7733,06</b>	<b>7706,2</b>	7707,46
	100	5886,53	<b>5881,93</b>	<b>9633,73</b>	9720,13	<b>9643,6</b>	9712,13
	120	7082,6	<b>7072,66</b>	<b>11574,73</b>	11662,6	<b>11566,13</b>	11647,73
4	20	611,66	<b>609,46</b>	<b>980,46</b>	980,66	984,86	<b>984,2</b>
	40	<b>1166,26</b>	1166,93	<b>1917,93</b>	1923,46	<b>1913,66</b>	1921,33
	60	1727,2	<b>1725,66</b>	<b>2845,66</b>	2852,6	<b>2852,06</b>	2862,4
	80	2289,06	<b>2288,93</b>	<b>3783,46</b>	3790,73	<b>3784,26</b>	3792,86
	100	<b>2835,13</b>	2837,8	<b>4722,86</b>	4724,66	4719,53	<b>4717,93</b>
	120	3399,2	<b>3389,86</b>	<b>5633,93</b>	5653,33	5656,13	<b>5646,2</b>
6	20	448,33	<b>445,86</b>	746,73	<b>745,53</b>	747,4	<b>745,26</b>
	40	<b>789,93</b>	791,93	<b>1307,93</b>	1310,53	<b>1314</b>	1319,4
	60	<b>1139</b>	1147,8	<b>1894,73</b>	1906,73	<b>1893,66</b>	1904,46
	80	<b>1523,6</b>	1530,46	2565,06	<b>2559,2</b>	<b>2559,8</b>	2564,73
	100	1882,93	<b>1882,46</b>	<b>3149,33</b>	3154,4	<b>3146,86</b>	3154,53
	120	2249,73	<b>2234,2</b>	<b>3744,33</b>	3744,66	3743,2	<b>3741,06</b>
8	20	342,4	<b>340,26</b>	<b>568,33</b>	568,73	<b>567,66</b>	568,06
	40	582,2	<b>580,73</b>	<b>956,73</b>	956,93	<b>955,26</b>	960,86
	60	882,46	<b>880,46</b>	1482,6	<b>1476,4</b>	1479,06	<b>1479</b>
	80	1131,33	<b>1131,13</b>	<b>1881,53</b>	1883,66	<b>1876,26</b>	1888,53
	100	1422,73	<b>1422</b>	<b>2389,8</b>	2401,86	<b>2390,53</b>	2401,86
	120	1675,6	<b>1670,33</b>	<b>2801,73</b>	2803,26	<b>2801,8</b>	2807
10	20	248,06	<b>245,53</b>	<b>398,6</b>	400,2	<b>399,2</b>	400,2
	40	<b>468,13</b>	476,13	<b>768,33</b>	777,73	<b>768,86</b>	778,2
	60	<b>687,26</b>	688,66	1136,93	<b>1136,06</b>	<b>1131,53</b>	1132,46
	80	908,4	<b>903,13</b>	1504,4	<b>1498,33</b>	1502,13	<b>1500,66</b>
	100	<b>1122,13</b>	1126,46	<b>1872,46</b>	1879,4	<b>1868,86</b>	1876,86
	120	1339,4	<b>1336,33</b>	<b>2240,8</b>	2247,86	<b>2241,86</b>	2244,46
12	20	234,53	<b>234,2</b>	385,86	<b>384,66</b>	383,86	<b>383,13</b>
	40	437,4	<b>436,93</b>	<b>739,13</b>	742,26	738,13	<b>737,6</b>
	60	578,2	<b>573,46</b>	<b>948,8</b>	954,6	950,06	950,06
	80	778,6	<b>773,13</b>	1305,46	<b>1299,33</b>	1300,46	<b>1297</b>
	100	970,86	<b>968,73</b>	1644,46	<b>1642,33</b>	1644,33	<b>1636,2</b>
	120	<b>1122,8</b>	1113,4	<b>1868,06</b>	1868,93	1865,6	<b>1860,73</b>

**Tabela 2** – Resultados obtidos para as instancias grandes.

Os resultados das instâncias grandes apresentados na Tabela 2 mostra que o VNS obteve um resultado médio melhor em 59, igual em 1 e pior em 48 grupos de instâncias. No sub-grupo *Balanced* das instâncias, o VNS obteve resultados melhores em 10 e o ACOII 26 instâncias; no *Processing*, o VNS teve resultados melhores em 26 e ACOII em 10; e no *Setup*, o VNS encontrou melhores resultados em 22, ACOII em 13 instâncias e 1 resultado igual. Assim, tem-se um desempenho melhor ao trabalhar com as instâncias *Processing Domination*, explicadas em

## 4.1.

A Tabela 3 contém a mesma organização da Tabela 2, mas os resultados apresentados serão das instâncias pequenas. Para essas instâncias, os problemas com seis máquinas e seis tarefas, seis máquinas e sete tarefas, oito máquinas e seis tarefas, oito máquinas e sete tarefas, oito máquinas oito tarefas e oito máquinas e nove tarefas não possuem instâncias, por isso não tem resultados relacionados a esses problemas.

NumMath	NumJobs	Balanced		Processing		Setup	
		VNS	ACOII	VNS	ACOII	VNS	ACOII
2	6	394,73	394,73	630	630	628,46	628,46
	7	491	491	787,13	787,13	784,4	784,4
	8	517,4	517,4	823,53	823,53	820,26	820,26
	9	598,46	598,46	988,6	988,6	977,13	977,13
	10	638,93	638,93	1013,13	<b>1012,86</b>	1020,6	<b>1020,33</b>
	11	<b>710,53</b>	710,73	1164,4	1164,4	1162,4	1162,4
4	6	245	245	397,4	397,4	396,66	396,66
	7	252,33	<b>252,26</b>	404,53	404,53	399,93	<b>399,86</b>
	8	264,73	264,73	414,4	414,4	415,53	<b>415,46</b>
	9	346,06	346,06	<b>567,46</b>	569,06	<b>568,13</b>	568,2
	10	359,46	359,46	583,6	583,6	579,46	<b>479,4</b>
	11	367,4	<b>366,33</b>	592,73	<b>591,46</b>	<b>593,8</b>	593,86
6	6	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-
	8	234,46	234,46	285,06	285,06	385,06	385,06
	9	238,6	<b>238,53</b>	391,2	391,2	388,4	388,4
	10	246,66	<b>246</b>	394,2	394,2	392,53	<b>392,26</b>
	11	251,73	<b>251,26</b>	399,93	<b>399,86</b>	399,53	<b>399,2</b>
8	6	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	-
	9	-	-	-	-	-	-
	10	226,13	226,13	376,13	376,13	374,93	374,93
	11	232,6	<b>232,46</b>	380,26	<b>379,73</b>	381,4	<b>379,86</b>

**Tabela 3** – Resultados obtidos para as instancias pequenas.

Para as instâncias pequenas, os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que o VNS obteve um resultado médio melhor em 4 e o ACOII em 17 grupos de instâncias. Em 33 grupos de instâncias, os algoritmos tiveram resultados iguais, porque, provavelmente, eram os resultados ótimos. As instâncias nas quais o algoritmo proposto teve resultado pior que o da literatura, a diferença foi pouca, média de 0,42.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo é apresentada uma síntese das conclusões obtidas no desenvolvimento do trabalho juntamente com sugestões para os trabalhos futuros.

### 5.1 CONCLUSÕES

Esse trabalho avaliou a metaheurística VNS com três estruturas de vizinhança, uma delas baseada em modelo matemático e utilizando o resolvidor Gurobi, aplicada ao problema UPMSP proposto por Rabadi et al. (2006).

A metaheurística VNS apesar de ser simples obteve resultados relevantes, tanto para as instâncias grandes como para as pequenas e com baixo custo computacional. Além disso, a utilização de um modelo matemático aplicado ao Gurobi, como estrutura de vizinhança, demonstrou-se ter um ótimo desempenho, obtendo bons resultados sem aumentar o tempo de execução, o que deixaria o algoritmo inviável. Mesmo o problema UPMSP sendo um problema NP-Difícil, o algoritmo VNS apresentado nessa monografia conseguiu bons resultados.

### 5.2 TRABALHOS FUTUROS

Para melhorar o desempenho do algoritmo proposto ao problema UPMSP e obter melhores resultados, as seguintes melhorias podem ser realizadas:

- Fazer a análise estatística dos resultados para comprovar se foram realmente relevantes ou não.
- Avaliar a eficiência das estruturas de vizinhança utilizadas nesse trabalho e também aplicar e avaliar outras estratégias de estruturas de vizinhanças, já que elas influenciam diretamente na exploração do espaço de busca, logo, tem um peso muito grande para encontrar soluções melhores e sair de ótimos locais na metaheurística VNS;
- Testar novos métodos para gerar uma solução inicial de melhor qualidade para o VNS;





## REFERÊNCIAS

- Jean Paul Arnaout, Ghaith Rabadi, and Rami Musa. A two-stage Ant Colony Optimization algorithm to minimize the makespan on unrelated parallel machines with sequence-dependent setup times. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 21(6):693–701, 2010. ISSN 09565515. doi: 10.1007/s10845-009-0246-1. Citado na página 17.
- Jean Paul Arnaout, Rami Musa, and Ghaith Rabadi. A two-stage Ant Colony optimization algorithm to minimize the makespan on unrelated parallel machines - Part II: Enhancements and experimentations. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(1):43–53, 2014. ISSN 09565515. doi: 10.1007/s10845-012-0672-3. Citado 7 vezes nas páginas 5, 6, 11, 12, 17, 25 e 26.
- Kenneth R. Baker and Dan Trietsch. *Principles of Sequencing and Scheduling*. 2009. ISBN 9780470391655. doi: 10.1002/9780470451793. Citado na página 11.
- Louis Philippe Bigras, Michel Gamache, and Gilles Savard. The time-dependent traveling salesman problem and single machine scheduling problems with sequence dependent setup times. *Discrete Optimization*, 5(4):685–699, 2008. ISSN 15725286. doi: 10.1016/j.disopt.2008.04.001. Citado na página 24.
- Pei Chann Chang and Shih Hsin Chen. Integrating dominance properties with genetic algorithms for parallel machine scheduling problems with setup times. *Applied Soft Computing Journal*, 11(1):1263–1274, 2011. ISSN 15684946. doi: 10.1016/j.asoc.2010.03.003. Citado na página 17.
- L P Cota, F G Guimaraes, F B De Oliveira, and M J F Souza. An Adaptive Large Neighborhood Search with Learning Automata for the Unrelated Parallel Machine Scheduling Problem. *2017 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2017 - Proceedings*, 2017. doi: 10.1109/CEC.2017.7969312. Citado 4 vezes nas páginas 7, 8, 13 e 14.
- Paulo M França, Michel Gendreau, Gilbert Laporte, and Felipe M Müller. A tabu search heuristic for the multiprocessor scheduling problem with sequence dependent setup times. *International Journal of Production Economics*, 43(2-3):79–89, 1996. ISSN 09255273. doi: 10.1016/0925-5273(96)00031-X. Citado na página 11.
- Michel Gendreau, Gilbert Laporte, and Eduardo Morais Guimar. A divide and merge heuristic for the multiprocessor scheduling problem with sequence dependent setup times. 133:2–8, 2001. Citado na página 11.
- Matheus Nohra Haddad. Departamento de Computação Instituto de Ciências Exatas e Biológicas Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação Universidade Federal de Ouro Preto Aluno :

- Matheus Nohra Haddad Orientador : Marcone Jamilson Freitas Souza. 2012. URL <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/3269>. Citado na página 18.
- Pierre Hansen and Nenad Mladenović. A Tutorial on Variable Neighborhood Search. *Groupe D'études et de Recherche en Analyse des Décisions*, page 26, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 20.
- Magdy Helal, Ghaith Rabadi, and Ameer Al-Salem. A tabu search algorithm to minimize the makespan for the unrelated parallel machines scheduling problem with setup times. *International Journal of Operations Research*, 3(3):182–192, 2006. URL <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41804261/Paper-3--IJOR-Vol3{ }3{ }-Ghaith{ }20Rabadi.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A{&Expires=1500296910{&Signature=CbmLQjgyvtjx8RDy2qENjMKNEy4{ }3D{&response-content-inline{ }3Bfilename{ }3DA{ }tabu{ }sear>. Citado na página 17.
- Dong-won Kim, Kyong-hee Kim, Wooseung Jang, and F Frank Chen. Unrelated parallel machine scheduling with setup times using simulated annealing. 18:223–231, 2002. Citado na página 11.
- Michael L Pinedo. *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. 2016. ISBN 978-3-319-26580-3. doi: 10.1007/978-3-319-26580-3. URL <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-26580-3>. Citado na página 13.
- Ghaith Rabadi, Reinaldo J Moraga, and Ameer Al-Salem. Heuristics for the unrelated parallel machine scheduling problem with setup times. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17(1): 85–97, 2006. Citado 7 vezes nas páginas 11, 12, 15, 17, 18, 25 e 29.
- Martin Gomez Ravetti. Algoritmos para o problema de sequenciamento com máquinas paralelas e tempos de preparação dependentes da sequência. page 115, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 11, 18 e 21.
- Cristiano Luís Turbino de França e Silva. Metaheurísticas de Busca Local para o Problema de Sequenciamento de Tarefas em Máquinas Paralelas Não Relacionadas com Tempo de Preparação Dependente da Sequência Metaheurísticas de Busca Local para o Problema de Sequenciamento de Tarefas em Máquinas Para. *RIUFOP*, 1:63, 2014. URL <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/3519>. Citado 4 vezes nas páginas 7, 17, 22 e 23.
- Fernando Stefanello and Marcelo S Zanetti. MIP–Based neighborhood search for the unrelated parallel machine scheduling problem with sequence and machine-dependent setup times. pages 506–523, 2015. ISSN 1983-4659. doi: 10.5902/1983465913305. Citado na página 17.

---

Eva Vallada and Rubén Ruiz. A genetic algorithm for the unrelated parallel machine scheduling problem with sequence dependent setup times. *European Journal of Operational Research*, 211(3):612–622, 2011. ISSN 0377-2217. doi: 10.1016/j.ejor.2011.01.011. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.01.011>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.



## APÊNDICE A RESULTADOS COMPLETOS

### A.1 RESULTADOS COMPLETOS

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS		NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
2	20	1	1297	1295		2	80	1	4680	4676
2	20	2	1215	1217		2	80	2	4797	4787
2	20	3	1241	1240		2	80	3	4697	4699
2	20	4	1244	1244		2	80	4	4721	4721
2	20	5	1271	1272		2	80	5	4682	4690
2	20	6	1254	1254		2	80	6	4759	4755
2	20	7	1205	1205		2	80	7	4761	4763
2	20	8	1242	1243		2	80	8	4704	4712
2	20	9	1223	1223		2	80	9	4683	4662
2	20	10	1200	1200		2	80	10	4651	4633
2	20	11	1223	1223		2	80	11	4763	4758
2	20	12	1193	1193		2	80	12	4781	4766
2	20	13	1192	1192		2	80	13	4677	4666
2	20	14	1245	1245		2	80	14	4857	4852
2	20	15	1283	1283		2	80	15	4709	4703
2	40	1	2407	2409		2	100	1	5870	5871
2	40	2	2386	2386		2	100	2	5897	5887
2	40	3	2410	2416		2	100	3	5914	5912
2	40	4	2412	2415		2	100	4	5846	5812
2	40	5	2394	2400		2	100	5	5828	5848
2	40	6	2376	2378		2	100	6	5915	5905
2	40	7	2393	2389		2	100	7	5912	5896
2	40	8	2410	2410		2	100	8	5999	5993
2	40	9	2363	2363		2	100	9	5962	5952
2	40	10	2355	2353		2	100	10	5823	5831
2	40	11	2331	2332		2	100	11	5757	5781
2	40	12	2378	2378		2	100	12	5910	5897
2	40	13	2435	2429		2	100	13	5951	5938
2	40	14	2393	2397		2	100	14	5823	5820
2	40	15	2468	2469		2	100	15	5891	5886
2	60	1	3527	3527		2	120	1	7080	7100
2	60	2	3545	3545		2	120	2	7098	7096
2	60	3	3575	3576		2	120	3	7027	7017
2	60	4	3601	3606		2	120	4	7154	7129
2	60	5	3558	3541		2	120	5	7159	7142
2	60	6	3601	3601		2	120	6	7153	7138
2	60	7	3574	3572		2	120	7	7052	7019
2	60	8	3556	3550		2	120	8	7017	6998
2	60	9	3610	3612		2	120	9	7104	7102
2	60	10	3599	3581		2	120	10	7079	7062
2	60	11	3500	3506		2	120	11	7199	7197
2	60	12	3519	3518		2	120	12	6992	7007
2	60	13	3556	3555		2	120	13	7122	7127
2	60	14	3617	3601		2	120	14	7013	6967
2	60	15	3588	3586		2	120	15	6990	6989

**Tabela 4** – Instâncias Large - Balanced 2 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
4	20	1	605	617	4	80	1	2290	2280
4	20	2	606	609	4	80	2	2295	2281
4	20	3	605	605	4	80	3	2246	2260
4	20	4	637	637	4	80	4	2271	2294
4	20	5	609	610	4	80	5	2281	2317
4	20	6	592	592	4	80	6	2306	2286
4	20	7	606	606	4	80	7	2284	2272
4	20	8	620	620	4	80	8	2291	2320
4	20	9	613	617	4	80	9	2324	2293
4	20	10	612	615	4	80	10	2296	2301
4	20	11	616	616	4	80	11	2271	2266
4	20	12	597	601	4	80	12	2266	2281
4	20	13	611	617	4	80	13	2299	2268
4	20	14	612	612	4	80	14	2308	2288
4	20	15	601	601	4	80	15	2306	2329
4	40	1	1166	1154	4	100	1	2866	2833
4	40	2	1175	1184	4	100	2	2825	2819
4	40	3	1192	1188	4	100	3	2803	2845
4	40	4	1174	1172	4	100	4	2842	2847
4	40	5	1148	1147	4	100	5	2878	2867
4	40	6	1181	1188	4	100	6	2828	2812
4	40	7	1175	1180	4	100	7	2861	2860
4	40	8	1168	1168	4	100	8	2826	2854
4	40	9	1148	1148	4	100	9	2848	2838
4	40	10	1174	1164	4	100	10	2872	2844
4	40	11	1161	1154	4	100	11	2852	2827
4	40	12	1160	1153	4	100	12	2809	2810
4	40	13	1149	1157	4	100	13	2809	2806
4	40	14	1154	1156	4	100	14	2809	2819
4	40	15	1179	1181	4	100	15	2839	2846
4	60	1	1756	1736	4	120	1	3379	3412
4	60	2	1717	1716	4	120	2	3392	3388
4	60	3	1744	1750	4	120	3	3382	3387
4	60	4	1697	1695	4	120	4	3431	3395
4	60	5	1713	1746	4	120	5	3387	3397
4	60	6	1719	1713	4	120	6	3388	3437
4	60	7	1769	1747	4	120	7	3411	3412
4	60	8	1737	1726	4	120	8	3377	3377
4	60	9	1733	1730	4	120	9	3348	3407
4	60	10	1711	1716	4	120	10	3390	3375
4	60	11	1711	1732	4	120	11	3333	3389
4	60	12	1748	1736	4	120	12	3405	3409
4	60	13	1709	1718	4	120	13	3447	3447
4	60	14	1729	1756	4	120	14	3399	3389
4	60	15	1692	1691	4	120	15	3379	3367

Tabela 5 – Instâncias Large - Balanced 4 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
6	20	1	434	434	6	80	1	1529	1521
6	20	2	443	443	6	80	2	1538	1513
6	20	3	450	450	6	80	3	1531	1537
6	20	4	449	452	6	80	4	1523	1514
6	20	5	449	452	6	80	5	1533	1514
6	20	6	440	441	6	80	6	1535	1530
6	20	7	441	446	6	80	7	1514	1503
6	20	8	451	451	6	80	8	1521	1517
6	20	9	449	455	6	80	9	1534	1550
6	20	10	446	446	6	80	10	1543	1531
6	20	11	445	445	6	80	11	1546	1542
6	20	12	444	451	6	80	12	1519	1510
6	20	13	452	458	6	80	13	1531	1537
6	20	14	448	454	6	80	14	1532	1523
6	20	15	447	447	6	80	15	1528	1512
6	40	1	793	791	6	100	1	1864	1885
6	40	2	793	792	6	100	2	1879	1864
6	40	3	783	781	6	100	3	1880	1874
6	40	4	781	781	6	100	4	1872	1866
6	40	5	790	792	6	100	5	1896	1887
6	40	6	799	798	6	100	6	1888	1886
6	40	7	788	780	6	100	7	1868	1869
6	40	8	785	780	6	100	8	1892	1900
6	40	9	787	790	6	100	9	1890	1887
6	40	10	808	807	6	100	10	1883	1884
6	40	11	803	790	6	100	11	1881	1882
6	40	12	785	790	6	100	12	1875	1872
6	40	13	806	805	6	100	13	1886	1902
6	40	14	789	791	6	100	14	1898	1886
6	40	15	789	781	6	100	15	1885	1900
6	60	1	1132	1121	6	120	1	2224	2235
6	60	2	1144	1126	6	120	2	2227	2252
6	60	3	1153	1148	6	120	3	2224	2249
6	60	4	1152	1150	6	120	4	2224	2247
6	60	5	1143	1131	6	120	5	2217	2232
6	60	6	1143	1137	6	120	6	2233	2272
6	60	7	1157	1142	6	120	7	2277	2265
6	60	8	1141	1134	6	120	8	2257	2267
6	60	9	1134	1132	6	120	9	2236	2268
6	60	10	1153	1154	6	120	10	2250	2247
6	60	11	1144	1136	6	120	11	2230	2235
6	60	12	1164	1146	6	120	12	2256	2272
6	60	13	1154	1138	6	120	13	2213	2225
6	60	14	1153	1143	6	120	14	2219	2248
6	60	15	1150	1147	6	120	15	2226	2232

Tabela 6 – Instâncias Large - Balanced 6 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
8	20	1	339	339	8	80	1	1121	1124
8	20	2	341	341	8	80	2	1132	1161
8	20	3	341	341	8	80	3	1134	1135
8	20	4	340	340	8	80	4	1136	1136
8	20	5	331	331	8	80	5	1126	1124
8	20	6	341	344	8	80	6	1122	1121
8	20	7	345	345	8	80	7	1129	1132
8	20	8	334	337	8	80	8	1134	1122
8	20	9	341	347	8	80	9	1124	1124
8	20	10	338	338	8	80	10	1133	1136
8	20	11	342	353	8	80	11	1132	1127
8	20	12	339	340	8	80	12	1131	1126
8	20	13	354	360	8	80	13	1142	1144
8	20	14	342	342	8	80	14	1141	1139
8	20	15	336	338	8	80	15	1130	1119
8	40	1	579	594	8	100	1	1406	1405
8	40	2	586	580	8	100	2	1422	1423
8	40	3	577	581	8	100	3	1435	1431
8	40	4	578	578	8	100	4	1415	1417
8	40	5	595	587	8	100	5	1433	1438
8	40	6	580	579	8	100	6	1418	1448
8	40	7	578	581	8	100	7	1412	1396
8	40	8	580	579	8	100	8	1421	1424
8	40	9	577	579	8	100	9	1419	1410
8	40	10	576	574	8	100	10	1434	1431
8	40	11	577	588	8	100	11	1419	1431
8	40	12	580	581	8	100	12	1413	1412
8	40	13	575	581	8	100	13	1430	1407
8	40	14	588	588	8	100	14	1418	1439
8	40	15	585	583	8	100	15	1435	1429
8	60	1	886	874	8	120	1	1673	1681
8	60	2	887	896	8	120	2	1668	1688
8	60	3	880	887	8	120	3	1657	1677
8	60	4	888	881	8	120	4	1671	1661
8	60	5	880	882	8	120	5	1682	1693
8	60	6	884	880	8	120	6	1657	1658
8	60	7	883	878	8	120	7	1692	1680
8	60	8	874	870	8	120	8	1685	1679
8	60	9	878	864	8	120	9	1664	1672
8	60	10	884	902	8	120	10	1697	1693
8	60	11	871	884	8	120	11	1660	1675
8	60	12	881	876	8	120	12	1666	1670
8	60	13	868	877	8	120	13	1657	1663
8	60	14	880	902	8	120	14	1666	1683
8	60	15	883	884	8	120	15	1660	1661

Tabela 7 – Instâncias Large - Balanced 8 máquinas



NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
10	20	1	247	254	10	80	1	902	910
10	20	2	248	247	10	80	2	902	909
10	20	3	249	250	10	80	3	903	913
10	20	4	248	249	10	80	4	898	907
10	20	5	241	239	10	80	5	909	913
10	20	6	243	246	10	80	6	903	909
10	20	7	242	244	10	80	7	900	907
10	20	8	251	257	10	80	8	908	916
10	20	9	242	242	10	80	9	905	902
10	20	10	247	249	10	80	10	901	896
10	20	11	240	248	10	80	11	901	907
10	20	12	249	251	10	80	12	906	913
10	20	13	248	251	10	80	13	897	913
10	20	14	246	247	10	80	14	914	918
10	20	15	242	247	10	80	15	898	893
10	40	1	475	471	10	100	1	1123	1110
10	40	2	481	468	10	100	2	1132	1115
10	40	3	469	454	10	100	3	1120	1114
10	40	4	474	466	10	100	4	1125	1133
10	40	5	477	481	10	100	5	1126	1123
10	40	6	478	473	10	100	6	1131	1129
10	40	7	471	467	10	100	7	1115	1108
10	40	8	473	467	10	100	8	1118	1115
10	40	9	485	471	10	100	9	1122	1116
10	40	10	476	469	10	100	10	1121	1131
10	40	11	476	464	10	100	11	1142	1126
10	40	12	470	463	10	100	12	1130	1124
10	40	13	481	472	10	100	13	1137	1143
10	40	14	479	468	10	100	14	1126	1123
10	40	15	477	468	10	100	15	1129	1122
10	60	1	690	690	10	120	1	1345	1347
10	60	2	686	695	10	120	2	1338	1344
10	60	3	690	687	10	120	3	1342	1331
10	60	4	686	685	10	120	4	1337	1342
10	60	5	683	675	10	120	5	1324	1361
10	60	6	686	683	10	120	6	1354	1337
10	60	7	692	682	10	120	7	1325	1329
10	60	8	696	698	10	120	8	1345	1347
10	60	9	699	691	10	120	9	1335	1342
10	60	10	683	693	10	120	10	1320	1327
10	60	11	696	690	10	120	11	1345	1341
10	60	12	691	683	10	120	12	1334	1358
10	60	13	686	682	10	120	13	1337	1337
10	60	14	683	678	10	120	14	1323	1326
10	60	15	683	697	10	120	15	1341	1322

Tabela 8 – Instâncias Large - Balanced 10 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
12	20	1	234	239	12	80	1	763	772
12	20	2	233	233	12	80	2	768	783
12	20	3	235	233	12	80	3	775	790
12	20	4	235	230	12	80	4	763	790
12	20	5	238	236	12	80	5	776	781
12	20	6	232	230	12	80	6	784	774
12	20	7	235	237	12	80	7	780	762
12	20	8	232	240	12	80	8	775	778
12	20	9	229	225	12	80	9	772	783
12	20	10	238	237	12	80	10	775	774
12	20	11	235	235	12	80	11	774	773
12	20	12	233	233	12	80	12	785	787
12	20	13	238	240	12	80	13	772	782
12	20	14	233	233	12	80	14	765	775
12	20	15	233	237	12	80	15	770	775
12	40	1	435	433	12	100	1	966	976
12	40	2	435	435	12	100	2	974	959
12	40	3	436	441	12	100	3	973	974
12	40	4	431	432	12	100	4	966	984
12	40	5	441	433	12	100	5	972	983
12	40	6	438	440	12	100	6	971	964
12	40	7	436	436	12	100	7	976	979
12	40	8	433	439	12	100	8	960	965
12	40	9	437	433	12	100	9	970	967
12	40	10	435	441	12	100	10	967	978
12	40	11	440	439	12	100	11	965	965
12	40	12	435	435	12	100	12	968	978
12	40	13	439	441	12	100	13	972	960
12	40	14	441	442	12	100	14	970	968
12	40	15	442	441	12	100	15	961	963
12	60	1	576	572	12	120	1	1106	1108
12	60	2	572	580	12	120	2	1110	1132
12	60	3	578	578	12	120	3	1114	1113
12	60	4	575	583	12	120	4	1111	1125
12	60	5	576	583	12	120	5	1112	1114
12	60	6	570	578	12	120	6	1116	1136
12	60	7	573	575	12	120	7	1115	1136
12	60	8	575	589	12	120	8	1128	1142
12	60	9	580	592	12	120	9	1118	1115
12	60	10	575	582	12	120	10	1104	1124
12	60	11	558	562	12	120	11	1115	1125
12	60	12	573	580	12	120	12	1113	1116
12	60	13	573	569	12	120	13	1122	1114
12	60	14	574	580	12	120	14	1112	1125
12	60	15	574	570	12	120	15	1105	1117

Tabela 9 – Instâncias Large - Balanced 12 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
2	20	1	1998	2000	2	80	1	7671	7662
2	20	2	2045	2046	2	80	2	7675	7670
2	20	3	1968	1965	2	80	3	7737	7726
2	20	4	1996	1991	2	80	4	7744	7749
2	20	5	1994	1994	2	80	5	7667	7677
2	20	6	2022	2021	2	80	6	7795	7797
2	20	7	1951	1951	2	80	7	7753	7763
2	20	8	1964	1966	2	80	8	7760	7792
2	20	9	1920	1920	2	80	9	7704	7694
2	20	10	1993	1993	2	80	10	7694	7689
2	20	11	2028	2027	2	80	11	7776	7777
2	20	12	1968	1966	2	80	12	7684	7686
2	20	13	1946	1943	2	80	13	7860	7862
2	20	14	1942	1942	2	80	14	7692	7694
2	20	15	1995	1995	2	80	15	7784	7788
2	40	1	3921	392	2	100	1	9676	9568
2	40	2	3906	3906	2	100	2	9770	9609
2	40	3	3886	3882	2	100	3	9709	9602
2	40	4	3913	3913	2	100	4	9630	9593
2	40	5	3917	3914	2	100	5	9645	9695
2	40	6	3911	3908	2	100	6	9839	9724
2	40	7	3921	3916	2	100	7	9723	9663
2	40	8	3897	3895	2	100	8	9759	9637
2	40	9	3911	3909	2	100	9	9785	9672
2	40	10	3863	3866	2	100	10	9685	9586
2	40	11	3853	3855	2	100	11	9643	9528
2	40	12	3832	3831	2	100	12	9729	9649
2	40	13	3879	3877	2	100	13	9755	9713
2	40	14	3929	3927	2	100	14	9777	9673
2	40	15	3900	3898	2	100	15	9677	9594
2	60	1	5945	5940	2	120	1	11764	11630
2	60	2	5779	5773	2	120	2	11677	11577
2	60	3	5795	5797	2	120	3	11633	11544
2	60	4	5819	5818	2	120	4	11702	11663
2	60	5	5862	5856	2	120	5	11708	11651
2	60	6	5797	5798	2	120	6	11775	11671
2	60	7	5822	5842	2	120	7	11670	11535
2	60	8	5819	5823	2	120	8	11569	11449
2	60	9	5799	5801	2	120	9	11664	11558
2	60	10	5862	5868	2	120	10	11603	11567
2	60	11	5850	5850	2	120	11	11768	11688
2	60	12	5756	5753	2	120	12	11607	11487
2	60	13	5763	5766	2	120	13	11685	11630
2	60	14	5805	1405	2	120	14	11528	11483
2	60	15	5861	5899	2	120	15	11586	11488

Tabela 10 – Instâncias Large - Processing 2 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
4	20	1	980	980	4	80	1	3809	3805
4	20	2	983	976	4	80	2	3828	3814
4	20	3	964	964	4	80	3	3775	3762
4	20	4	987	990	4	80	4	3783	3790
4	20	5	1027	1024	4	80	5	3780	3760
4	20	6	978	976	4	80	6	3757	3753
4	20	7	974	983	4	80	7	3747	3737
4	20	8	966	963	4	80	8	3786	3795
4	20	9	984	986	4	80	9	3762	3744
4	20	10	980	979	4	80	10	3786	3779
4	20	11	980	977	4	80	11	3838	3828
4	20	12	969	980	4	80	12	3810	3805
4	20	13	981	981	4	80	13	3837	3836
4	20	14	986	981	4	80	14	3800	3785
4	20	15	971	967	4	80	15	3763	3759
4	40	1	1906	1907	4	100	1	4729	4733
4	40	2	1933	1929	4	100	2	4697	4703
4	40	3	1916	1913	4	100	3	4699	4702
4	40	4	1909	1897	4	100	4	4683	4679
4	40	5	1948	1936	4	100	5	4738	4744
4	40	6	1914	1904	4	100	6	4746	4738
4	40	7	1909	1896	4	100	7	4740	4733
4	40	8	1928	1929	4	100	8	4738	4735
4	40	9	1929	1914	4	100	9	4739	4719
4	40	10	1916	1916	4	100	10	4726	4727
4	40	11	1939	1929	4	100	11	4717	4711
4	40	12	1924	1926	4	100	12	4696	4694
4	40	13	1918	1912	4	100	13	4750	4751
4	40	14	1936	1937	4	100	14	4702	4704
4	40	15	1927	1924	4	100	15	4770	4770
4	60	1	2856	2837	4	120	1	5662	5630
4	60	2	2823	2822	4	120	2	5646	5636
4	60	3	2841	2840	4	120	3	5651	5604
4	60	4	2859	2854	4	120	4	5628	5648
4	60	5	2856	2862	4	120	5	5626	5611
4	60	6	2840	2832	4	120	6	5645	5608
4	60	7	2854	2844	4	120	7	5669	5659
4	60	8	2864	2851	4	120	8	5632	5614
4	60	9	2852	2846	4	120	9	5698	5662
4	60	10	2892	2863	4	120	10	5719	5684
4	60	11	2873	2871	4	120	11	5673	5649
4	60	12	2881	2871	4	120	12	5621	5615
4	60	13	2832	2834	4	120	13	5610	5611
4	60	14	2811	2814	4	120	14	5637	5621
4	60	15	2855	2844	4	120	15	5683	5657

Tabela 11 – Instâncias Large - Processing 4 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
6	20	1	743	743	6	80	1	2565	2566
6	20	2	740	740	6	80	2	2568	2577
6	20	3	746	746	6	80	3	2559	2551
6	20	4	747	752	6	80	4	2563	2560
6	20	5	731	744	6	80	5	2560	2572
6	20	6	750	750	6	80	6	2547	2554
6	20	7	745	745	6	80	7	2562	2565
6	20	8	742	742	6	80	8	2590	2559
6	20	9	750	750	6	80	9	2537	2560
6	20	10	738	741	6	80	10	2542	2546
6	20	11	747	744	6	80	11	2559	2576
6	20	12	743	743	6	80	12	2577	2609
6	20	13	757	757	6	80	13	2539	2567
6	20	14	750	750	6	80	14	2547	2556
6	20	15	754	754	6	80	15	2573	2558
6	40	1	1276	1319	6	100	1	3157	3174
6	40	2	1315	1308	6	100	2	3149	3154
6	40	3	1312	1305	6	100	3	3157	3141
6	40	4	1303	1298	6	100	4	3151	3144
6	40	5	1310	1297	6	100	5	3149	3150
6	40	6	1297	1303	6	100	6	3163	3129
6	40	7	1323	1303	6	100	7	3138	3132
6	40	8	1313	1299	6	100	8	3148	3167
6	40	9	1341	1337	6	100	9	3158	3157
6	40	10	1302	1303	6	100	10	3165	3145
6	40	11	1305	1288	6	100	11	3172	3163
6	40	12	1320	1304	6	100	12	3141	3133
6	40	13	1304	1329	6	100	13	3148	3143
6	40	14	1331	1319	6	100	14	3161	3152
6	40	15	1306	1307	6	100	15	3159	3156
6	60	1	1904	1895	6	120	1	3748	3747
6	60	2	1912	1896	6	120	2	3767	3738
6	60	3	1912	1893	6	120	3	3722	3741
6	60	4	1916	1893	6	120	4	3773	3763
6	60	5	1901	1890	6	120	5	3760	3756
6	60	6	1890	1885	6	120	6	3735	3716
6	60	7	1909	1905	6	120	7	3735	3722
6	60	8	1907	1892	6	120	8	3733	3735
6	60	9	1890	1890	6	120	9	3737	3818
6	60	10	1903	1884	6	120	10	3733	3731
6	60	11	1910	1898	6	120	11	3773	3758
6	60	12	1934	1917	6	120	12	3720	3719
6	60	13	1926	1911	6	120	13	3722	3723
6	60	14	1895	1896	6	120	14	3744	3732
6	60	15	1892	1876	6	120	15	3768	3766

Tabela 12 – Instâncias Large - Processing 6 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
8	20	1	559	570	8	80	1	1882	1886
8	20	2	569	572	8	80	2	1887	1889
8	20	3	566	565	8	80	3	1868	1870
8	20	4	563	560	8	80	4	1891	1887
8	20	5	564	576	8	80	5	1899	1888
8	20	6	563	561	8	80	6	1885	1886
8	20	7	584	577	8	80	7	1911	1876
8	20	8	568	568	8	80	8	1885	1888
8	20	9	572	565	8	80	9	1879	1887
8	20	10	576	576	8	80	10	1873	1874
8	20	11	572	570	8	80	11	1875	1874
8	20	12	566	564	8	80	12	1877	1874
8	20	13	570	566	8	80	13	1865	1870
8	20	14	574	571	8	80	14	1885	1897
8	20	15	565	564	8	80	15	1893	1877
8	40	1	957	963	8	100	1	2405	2372
8	40	2	970	960	8	100	2	2397	2402
8	40	3	971	973	8	100	3	2410	2402
8	40	4	954	952	8	100	4	2403	2393
8	40	5	954	948	8	100	5	2403	2389
8	40	6	957	956	8	100	6	2398	2393
8	40	7	966	963	8	100	7	2409	2418
8	40	8	957	959	8	100	8	2395	2402
8	40	9	942	949	8	100	9	2414	2389
8	40	10	959	960	8	100	10	2400	2376
8	40	11	955	955	8	100	11	2396	2379
8	40	12	961	955	8	100	12	2406	2386
8	40	13	937	950	8	100	13	2409	2384
8	40	14	963	955	8	100	14	2393	2374
8	40	15	951	953	8	100	15	2390	2388
8	60	1	1475	1483	8	120	1	2794	2837
8	60	2	1485	1493	8	120	2	2804	2821
8	60	3	1472	1475	8	120	3	2795	2789
8	60	4	1458	1464	8	120	4	2809	2811
8	60	5	1492	1486	8	120	5	2790	2785
8	60	6	1496	1507	8	120	6	2790	2800
8	60	7	1490	1482	8	120	7	2806	2792
8	60	8	1456	1466	8	120	8	2806	2800
8	60	9	1476	1500	8	120	9	2801	2798
8	60	10	1479	1476	8	120	10	2799	2799
8	60	11	1469	1487	8	120	11	2797	2792
8	60	12	1481	1477	8	120	12	2807	2791
8	60	13	1471	1478	8	120	13	2821	2804
8	60	14	1479	1484	8	120	14	2828	2810
8	60	15	1467	1481	8	120	15	2802	2797

Tabela 13 – Instâncias Large - Processing 8 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
10	20	1	402	397	10	80	1	1497	1504
10	20	2	398	397	10	80	2	1512	1511
10	20	3	400	393	10	80	3	1508	1502
10	20	4	402	398	10	80	4	1490	1507
10	20	5	404	407	10	80	5	1509	1504
10	20	6	401	401	10	80	6	1489	1502
10	20	7	394	394	10	80	7	1499	1503
10	20	8	400	400	10	80	8	1499	1501
10	20	9	398	394	10	80	9	1493	1508
10	20	10	397	399	10	80	10	1507	1497
10	20	11	400	398	10	80	11	1493	1508
10	20	12	396	399	10	80	12	1498	1511
10	20	13	398	401	10	80	13	1498	1514
10	20	14	407	401	10	80	14	1496	1499
10	20	15	406	400	10	80	15	1487	1495
10	40	1	779	772	10	100	1	1874	1868
10	40	2	769	763	10	100	2	1876	1858
10	40	3	780	772	10	100	3	1875	1862
10	40	4	776	768	10	100	4	1881	1872
10	40	5	777	763	10	100	5	1874	1874
10	40	6	780	780	10	100	6	1892	1885
10	40	7	776	772	10	100	7	1883	1880
10	40	8	774	770	10	100	8	1880	1878
10	40	9	777	764	10	100	9	1866	1868
10	40	10	792	776	10	100	10	1873	1893
10	40	11	770	760	10	100	11	1893	1877
10	40	12	777	763	10	100	12	1875	1858
10	40	13	778	769	10	100	13	1889	1879
10	40	14	773	760	10	100	14	1876	1866
10	40	15	788	773	10	100	15	1884	1869
10	60	1	1137	1129	10	120	1	2252	2245
10	60	2	1133	1131	10	120	2	2243	2242
10	60	3	1129	1133	10	120	3	2254	2244
10	60	4	1131	1134	10	120	4	2252	2250
10	60	5	1142	1133	10	120	5	2241	2233
10	60	6	1133	1132	10	120	6	2241	2247
10	60	7	1132	1135	10	120	7	2249	2251
10	60	8	1137	1130	10	120	8	2256	2235
10	60	9	1154	1146	10	120	9	2237	2237
10	60	10	1123	1146	10	120	10	2248	2230
10	60	11	1138	1138	10	120	11	2252	2251
10	60	12	1133	1148	10	120	12	2253	2254
10	60	13	1141	1134	10	120	13	2238	2232
10	60	14	1140	1151	10	120	14	2248	2236
10	60	15	1138	1134	10	120	15	2254	2225

Tabela 14 – Instâncias Large - Processing 10 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
12	20	1	381	384	12	80	1	1294	1310
12	20	2	389	389	12	80	2	1291	1308
12	20	3	391	387	12	80	3	1284	1306
12	20	4	381	385	12	80	4	1306	1305
12	20	5	385	383	12	80	5	1313	1309
12	20	6	388	390	12	80	6	1292	1302
12	20	7	389	383	12	80	7	1309	1308
12	20	8	388	387	12	80	8	1288	1292
12	20	9	382	378	12	80	9	1287	1295
12	20	10	386	388	12	80	10	1307	1296
12	20	11	381	392	12	80	11	1309	1311
12	20	12	380	385	12	80	12	1304	1311
12	20	13	383	385	12	80	13	1299	1305
12	20	14	388	392	12	80	14	1309	1311
12	20	15	378	380	12	80	15	1298	1313
12	40	1	744	741	12	100	1	1617	1647
12	40	2	736	734	12	100	2	1650	1649
12	40	3	747	740	12	100	3	1626	1648
12	40	4	734	741	12	100	4	1655	1653
12	40	5	744	739	12	100	5	1649	1644
12	40	6	747	738	12	100	6	1643	1635
12	40	7	746	737	12	100	7	1654	1644
12	40	8	744	744	12	100	8	1634	1653
12	40	9	728	743	12	100	9	1649	1650
12	40	10	742	738	12	100	10	1656	1645
12	40	11	748	744	12	100	11	1637	1643
12	40	12	743	732	12	100	12	1664	1650
12	40	13	751	737	12	100	13	1629	1626
12	40	14	747	737	12	100	14	1626	1638
12	40	15	733	742	12	100	15	1646	1642
12	60	1	958	964	12	120	1	1857	1873
12	60	2	953	961	12	120	2	1880	1870
12	60	3	955	952	12	120	3	1847	1872
12	60	4	952	937	12	120	4	1864	1871
12	60	5	941	939	12	120	5	1871	1862
12	60	6	967	949	12	120	6	1881	1867
12	60	7	960	955	12	120	7	1855	1856
12	60	8	942	943	12	120	8	1865	1859
12	60	9	962	939	12	120	9	1862	1868
12	60	10	947	941	12	120	10	1884	1882
12	60	11	964	948	12	120	11	1871	1868
12	60	12	961	944	12	120	12	1874	1860
12	60	13	960	953	12	120	13	1868	1878
12	60	14	945	949	12	120	14	1878	1870
12	60	15	952	958	12	120	15	1877	1865

Tabela 15 – Instâncias Large - Processing 12 máquinas



NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
2	20	1	1967	1966	2	80	1	7695	7705
2	20	2	2003	2002	2	80	2	7680	7679
2	20	3	1983	1983	2	80	3	7732	7730
2	20	4	1983	1983	2	80	4	7719	7710
2	20	5	1985	1985	2	80	5	7692	7688
2	20	6	1983	1983	2	80	6	7728	7730
2	20	7	1981	1981	2	80	7	7712	7707
2	20	8	1972	1972	2	80	8	7822	7824
2	20	9	1989	1986	2	80	9	7645	7648
2	20	10	1923	1923	2	80	10	7617	7616
2	20	11	1959	1961	2	80	11	7804	7802
2	20	12	1973	1973	2	80	12	7702	7703
2	20	13	1995	1995	2	80	13	7710	7719
2	20	14	2000	2000	2	80	14	7671	7662
2	20	15	2045	2046	2	80	15	7683	7670
2	40	1	3954	3975	2	100	1	9745	9672
2	40	2	3883	3875	2	100	2	9785	9727
2	40	3	3878	3877	2	100	3	9665	9587
2	40	4	3902	3895	2	100	4	9741	9646
2	40	5	3839	3839	2	100	5	9573	9522
2	40	6	3892	3887	2	100	6	9811	9728
2	40	7	3877	3879	2	100	7	9736	9619
2	40	8	3881	3875	2	100	8	9637	9587
2	40	9	3922	3925	2	100	9	9719	9637
2	40	10	3891	3888	2	100	10	9745	9636
2	40	11	3861	3863	2	100	11	9851	9814
2	40	12	3837	3835	2	100	12	9656	9603
2	40	13	3879	3881	2	100	13	9672	9608
2	40	14	3921	3921	2	100	14	9663	9625
2	40	15	3910	3906	2	100	15	9683	9643
2	60	1	5813	5804	2	120	1	11767	11656
2	60	2	5851	5861	2	120	2	11602	11569
2	60	3	5823	5825	2	120	3	11622	11524
2	60	4	5763	5766	2	120	4	11701	11594
2	60	5	5854	5848	2	120	5	11631	11563
2	60	6	5825	5819	2	120	6	11694	11650
2	60	7	5844	5843	2	120	7	11717	11613
2	60	8	5765	5766	2	120	8	11550	11494
2	60	9	5777	5781	2	120	9	11466	11414
2	60	10	5770	5760	2	120	10	11679	11586
2	60	11	5793	5785	2	120	11	11687	11585
2	60	12	5833	5837	2	120	12	11621	11515
2	60	13	5811	5804	2	120	13	11655	11547
2	60	14	5866	5863	2	120	14	11622	11595
2	60	15	5832	5861	2	120	15	11702	11587

Tabela 16 – Instâncias Large - Setup 2 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
4	20	1	979	979	4	80	1	3761	3759
4	20	2	1000	999	4	80	2	3802	3782
4	20	3	981	978	4	80	3	3804	3772
4	20	4	988	988	4	80	4	3819	3788
4	20	5	985	983	4	80	5	3777	3759
4	20	6	988	992	4	80	6	3786	3784
4	20	7	1011	1005	4	80	7	3809	3808
4	20	8	973	973	4	80	8	3791	3775
4	20	9	981	983	4	80	9	3810	3799
4	20	10	967	977	4	80	10	3803	3790
4	20	11	970	970	4	80	11	3801	3831
4	20	12	991	991	4	80	12	3762	3775
4	20	13	972	976	4	80	13	3776	3774
4	20	14	990	992	4	80	14	3784	3776
4	20	15	987	987	4	80	15	3808	3792
4	40	1	1918	1916	4	100	1	4749	4770
4	40	2	1897	1892	4	100	2	4734	4718
4	40	3	1941	1935	4	100	3	4705	4690
4	40	4	1926	1920	4	100	4	4712	4702
4	40	5	1929	1928	4	100	5	4722	4711
4	40	6	1902	1892	4	100	6	4745	4741
4	40	7	1922	1913	4	100	7	4696	4689
4	40	8	1931	1927	4	100	8	4725	4765
4	40	9	1932	1934	4	100	9	4702	4692
4	40	10	1903	1893	4	100	10	4782	4783
4	40	11	1926	1922	4	100	11	4733	4736
4	40	12	1915	1897	4	100	12	4722	4727
4	40	13	1951	1925	4	100	13	4676	4691
4	40	14	1900	1895	4	100	14	4684	4694
4	40	15	1927	1916	4	100	15	4682	4684
4	60	1	2886	2855	4	120	1	5674	5657
4	60	2	2859	2835	4	120	2	5602	5599
4	60	3	2880	2871	4	120	3	5635	5671
4	60	4	2859	2866	4	120	4	5636	5635
4	60	5	2833	2849	4	120	5	5667	5639
4	60	6	2847	2837	4	120	6	5658	5695
4	60	7	2841	2838	4	120	7	5638	5672
4	60	8	2894	2873	4	120	8	5678	5642
4	60	9	2864	2858	4	120	9	5638	5645
4	60	10	2849	2852	4	120	10	5627	5686
4	60	11	2889	2864	4	120	11	5648	5625
4	60	12	2880	2856	4	120	12	5588	5702
4	60	13	2868	2844	4	120	13	5674	5650
4	60	14	2840	2846	4	120	14	5656	5653
4	60	15	2847	2837	4	120	15	5674	5671

Tabela 17 – Instâncias Large - Setup 4 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
6	20	1	743	746	6	80	1	2580	2557
6	20	2	738	734	6	80	2	2569	2573
6	20	3	743	754	6	80	3	2584	2536
6	20	4	750	750	6	80	4	2584	2541
6	20	5	749	752	6	80	5	2583	2567
6	20	6	749	749	6	80	6	2542	2558
6	20	7	736	741	6	80	7	2576	2554
6	20	8	737	737	6	80	8	2526	2575
6	20	9	749	753	6	80	9	2572	2545
6	20	10	742	748	6	80	10	2585	2562
6	20	11	746	746	6	80	11	2569	2571
6	20	12	745	745	6	80	12	2585	2590
6	20	13	746	744	6	80	13	2540	2548
6	20	14	758	758	6	80	14	2544	2551
6	20	15	748	754	6	80	15	2532	2569
6	40	1	1318	1308	6	100	1	3168	3156
6	40	2	1316	1320	6	100	2	3150	3153
6	40	3	1318	1324	6	100	3	3152	3130
6	40	4	1317	1300	6	100	4	3156	3154
6	40	5	1321	1326	6	100	5	3184	3180
6	40	6	1312	1305	6	100	6	3170	3150
6	40	7	1333	1330	6	100	7	3169	3149
6	40	8	1315	1304	6	100	8	3118	3114
6	40	9	1312	1297	6	100	9	3128	3119
6	40	10	1321	1318	6	100	10	3149	3133
6	40	11	1336	1322	6	100	11	3161	3152
6	40	12	1329	1315	6	100	12	3164	3152
6	40	13	1310	1299	6	100	13	3143	3133
6	40	14	1325	1323	6	100	14	3158	3174
6	40	15	1308	1319	6	100	15	3148	3154
6	60	1	1897	1887	6	120	1	3762	3766
6	60	2	1880	1882	6	120	2	3720	3725
6	60	3	1894	1875	6	120	3	3768	3756
6	60	4	1898	1894	6	120	4	3742	3737
6	60	5	1907	1894	6	120	5	3710	3736
6	60	6	1893	1889	6	120	6	3742	3752
6	60	7	1905	1904	6	120	7	3769	3761
6	60	8	1919	1897	6	120	8	3761	3727
6	60	9	1924	1899	6	120	9	3752	3748
6	60	10	1889	1886	6	120	10	3731	3728
6	60	11	1909	1904	6	120	11	3706	3724
6	60	12	1907	1897	6	120	12	3743	3746
6	60	13	1915	1893	6	120	13	3729	3747
6	60	14	1908	1896	6	120	14	3740	3747
6	60	15	1922	1908	6	120	15	3741	3748

Tabela 18 – Instâncias Large - Setup 6 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
8	20	1	562	563	8	80	1	1882	1867
8	20	2	569	571	8	80	2	1880	1867
8	20	3	584	582	8	80	3	1906	1885
8	20	4	565	565	8	80	4	1884	1873
8	20	5	570	563	8	80	5	1894	1878
8	20	6	572	574	8	80	6	1870	1863
8	20	7	561	561	8	80	7	1883	1873
8	20	8	571	570	8	80	8	1895	1885
8	20	9	563	562	8	80	9	1907	1874
8	20	10	568	568	8	80	10	1881	1873
8	20	11	568	567	8	80	11	1889	1876
8	20	12	569	569	8	80	12	1871	1865
8	20	13	569	564	8	80	13	1880	1878
8	20	14	571	566	8	80	14	1904	1898
8	20	15	559	570	8	80	15	1902	1889
8	40	1	968	969	8	100	1	2391	2377
8	40	2	955	942	8	100	2	2406	2380
8	40	3	968	956	8	100	3	2409	2395
8	40	4	947	950	8	100	4	2410	2385
8	40	5	961	964	8	100	5	2411	2411
8	40	6	967	958	8	100	6	2399	2399
8	40	7	962	963	8	100	7	2401	2401
8	40	8	960	959	8	100	8	2391	2386
8	40	9	963	949	8	100	9	2399	2396
8	40	10	972	965	8	100	10	2405	2381
8	40	11	953	948	8	100	11	2391	2384
8	40	12	961	952	8	100	12	2404	2399
8	40	13	958	956	8	100	13	2398	2382
8	40	14	961	946	8	100	14	2410	2380
8	40	15	957	952	8	100	15	2403	2402
8	60	1	1476	4174	8	120	1	2816	2795
8	60	2	1483	1481	8	120	2	2820	2821
8	60	3	1470	1466	8	120	3	2791	2785
8	60	4	1472	1488	8	120	4	2837	2831
8	60	5	1477	1474	8	120	5	2813	2813
8	60	6	1468	1491	8	120	6	2803	2791
8	60	7	1484	1475	8	120	7	2784	2799
8	60	8	1489	1479	8	120	8	2789	2796
8	60	9	1492	1469	8	120	9	2793	2817
8	60	10	1466	1477	8	120	10	2819	2800
8	60	11	1480	1484	8	120	11	2804	2801
8	60	12	1481	1492	8	120	12	2819	2788
8	60	13	1490	1479	8	120	13	2787	2780
8	60	14	1486	1471	8	120	14	2804	2807
8	60	15	1471	1486	8	120	15	2826	2803

Tabela 19 – Instâncias Large - Setup 8 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
10	20	1	385	395	10	80	1	1506	1497
10	20	2	404	408	10	80	2	1509	1498
10	20	3	393	394	10	80	3	1502	1506
10	20	4	401	411	10	80	4	1505	1506
10	20	5	396	394	10	80	5	1492	1500
10	20	6	407	398	10	80	6	1511	1504
10	20	7	399	399	10	80	7	1491	1500
10	20	8	400	401	10	80	8	1488	1502
10	20	9	400	395	10	80	9	1508	1494
10	20	10	400	393	10	80	10	1488	1497
10	20	11	394	398	10	80	11	1494	1510
10	20	12	405	405	10	80	12	1494	1499
10	20	13	409	402	10	80	13	1504	1512
10	20	14	402	400	10	80	14	1515	1503
10	20	15	408	395	10	80	15	1503	1504
10	40	1	776	763	10	100	1	1884	1869
10	40	2	770	760	10	100	2	1868	1859
10	40	3	779	759	10	100	3	1880	1884
10	40	4	761	769	10	100	4	1873	1877
10	40	5	778	765	10	100	5	1881	1875
10	40	6	776	763	10	100	6	1885	1872
10	40	7	787	772	10	100	7	1876	1881
10	40	8	780	776	10	100	8	1886	1865
10	40	9	783	780	10	100	9	1880	1865
10	40	10	778	774	10	100	10	1873	1866
10	40	11	774	767	10	100	11	1881	1872
10	40	12	790	776	10	100	12	1860	1859
10	40	13	791	774	10	100	13	1883	1869
10	40	14	782	772	10	100	14	1875	1858
10	40	15	768	763	10	100	15	1868	1862
10	60	1	1138	1128	10	120	1	2243	2240
10	60	2	1127	1135	10	120	2	2253	2238
10	60	3	1121	1123	10	120	3	2258	2240
10	60	4	1139	1144	10	120	4	2241	2243
10	60	5	1140	1127	10	120	5	2245	2242
10	60	6	1126	1124	10	120	6	2241	2246
10	60	7	1137	1125	10	120	7	2236	2244
10	60	8	1124	1140	10	120	8	2249	2236
10	60	9	1134	1132	10	120	9	2267	2261
10	60	10	1121	1122	10	120	10	2243	2240
10	60	11	1146	1137	10	120	11	2242	2236
10	60	12	1126	1139	10	120	12	2236	2244
10	60	13	1129	1137	10	120	13	2232	2242
10	60	14	1145	1129	10	120	14	2230	2234
10	60	15	1134	1131	10	120	15	2251	2242

Tabela 20 – Instâncias Large - Setup 10 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
12	20	1	382	380	12	80	1	1306	1307
12	20	2	384	387	12	80	2	1293	1311
12	20	3	385	385	12	80	3	1298	1291
12	20	4	387	387	12	80	4	1309	1295
12	20	5	385	383	12	80	5	1313	1300
12	20	6	384	389	12	80	6	1306	1299
12	20	7	380	380	12	80	7	1282	1295
12	20	8	378	387	12	80	8	1284	1295
12	20	9	383	380	12	80	9	1304	1302
12	20	10	387	386	12	80	10	1292	1288
12	20	11	381	380	12	80	11	1295	1309
12	20	12	388	387	12	80	12	1289	1310
12	20	13	382	390	12	80	13	1293	1308
12	20	14	379	375	12	80	14	1295	1306
12	20	15	382	382	12	80	15	1296	1291
12	40	1	739	747	12	100	1	1624	1662
12	40	2	742	744	12	100	2	1627	1645
12	40	3	741	734	12	100	3	1644	1634
12	40	4	742	737	12	100	4	1626	1656
12	40	5	734	745	12	100	5	1632	1647
12	40	6	728	731	12	100	6	1636	1641
12	40	7	741	735	12	100	7	1650	1642
12	40	8	734	742	12	100	8	1638	1632
12	40	9	740	737	12	100	9	1640	1640
12	40	10	741	732	12	100	10	1644	1635
12	40	11	738	736	12	100	11	1638	1642
12	40	12	741	737	12	100	12	1640	1653
12	40	13	736	741	12	100	13	1635	1644
12	40	14	737	734	12	100	14	1639	1653
12	40	15	730	740	12	100	15	1630	1639
12	60	1	953	952	12	120	1	1876	1858
12	60	2	948	945	12	120	2	1861	1870
12	60	3	954	944	12	120	3	1843	1862
12	60	4	952	951	12	120	4	1867	1863
12	60	5	945	952	12	120	5	1853	1862
12	60	6	955	948	12	120	6	1874	1853
12	60	7	940	955	12	120	7	1868	1860
12	60	8	950	952	12	120	8	1845	1861
12	60	9	960	955	12	120	9	1859	1876
12	60	10	958	959	12	120	10	1868	1876
12	60	11	945	953	12	120	11	1876	1873
12	60	12	954	947	12	120	12	1880	1870
12	60	13	946	938	12	120	13	1852	1872
12	60	14	947	951	12	120	14	1840	1866
12	60	15	944	949	12	120	15	1849	1862

Tabela 21 – Instâncias Large - Setup 12 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
2	6	1	390	390	2	9	1	627	627
2	6	2	410	410	2	9	2	603	603
2	6	3	410	410	2	9	3	558	558
2	6	4	380	380	2	9	4	618	618
2	6	5	399	399	2	9	5	571	571
2	6	6	397	397	2	9	6	589	589
2	6	7	394	394	2	9	7	611	611
2	6	8	379	379	2	9	8	624	624
2	6	9	407	407	2	9	9	594	594
2	6	10	394	394	2	9	10	612	612
2	6	11	388	388	2	9	11	579	579
2	6	12	396	396	2	9	12	588	588
2	6	13	384	384	2	9	13	599	599
2	6	14	369	369	2	9	14	610	610
2	6	15	424	424	2	9	15	594	594
2	7	1	484	484	2	10	1	647	647
2	7	2	527	527	2	10	2	607	607
2	7	3	498	498	2	10	3	646	646
2	7	4	467	467	2	10	4	654	654
2	7	5	495	495	2	10	5	611	611
2	7	6	493	493	2	10	6	628	628
2	7	7	470	470	2	10	7	639	639
2	7	8	516	516	2	10	8	655	655
2	7	9	496	496	2	10	9	625	625
2	7	10	490	490	2	10	10	636	636
2	7	11	489	489	2	10	11	610	610
2	7	12	483	483	2	10	12	648	648
2	7	13	493	493	2	10	13	677	677
2	7	14	488	488	2	10	14	631	631
2	7	15	476	476	2	10	15	670	670
2	8	1	494	494	2	11	1	706	706
2	8	2	523	523	2	11	2	698	698
2	8	3	508	508	2	11	3	742	737
2	8	4	539	539	2	11	4	693	693
2	8	5	509	509	2	11	5	699	699
2	8	6	502	502	2	11	6	736	736
2	8	7	522	522	2	11	7	707	707
2	8	8	534	534	2	11	8	686	686
2	8	9	518	518	2	11	9	731	733
2	8	10	517	517	2	11	10	684	684
2	8	11	511	511	2	11	11	691	691
2	8	12	509	509	2	11	12	715	715
2	8	13	505	505	2	11	13	725	725
2	8	14	563	563	2	11	14	703	703
2	8	15	507	507	2	11	15	745	745

Tabela 22 – Instâncias Small - Balanced 2 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
4	6	1	235	235	4	9	1	345	345
4	6	2	250	250	4	9	2	334	334
4	6	3	243	243	4	9	3	361	361
4	6	4	244	244	4	9	4	361	361
4	6	5	238	238	4	9	5	348	348
4	6	6	253	253	4	9	6	346	346
4	6	7	258	258	4	9	7	337	337
4	6	8	249	249	4	9	8	328	328
4	6	9	243	243	4	9	9	348	348
4	6	10	249	249	4	9	10	352	352
4	6	11	244	244	4	9	11	355	355
4	6	12	232	232	4	9	12	343	343
4	6	13	247	247	4	9	13	343	343
4	6	14	242	242	4	9	14	338	338
4	6	15	248	248	4	9	15	352	352
4	7	1	258	258	4	10	1	360	360
4	7	2	263	263	4	10	2	341	341
4	7	3	241	241	4	10	3	354	354
4	7	4	248	249	4	10	4	364	364
4	7	5	257	257	4	10	5	374	374
4	7	6	260	260	4	10	6	352	352
4	7	7	243	243	4	10	7	349	349
4	7	8	245	245	4	10	8	358	358
4	7	9	249	249	4	10	9	366	366
4	7	10	251	251	4	10	10	354	354
4	7	11	249	249	4	10	11	357	357
4	7	12	258	258	4	10	12	368	368
4	7	13	262	262	4	10	13	381	381
4	7	14	268	268	4	10	14	350	350
4	7	15	232	232	4	10	15	364	364
4	8	1	264	264	4	11	1	351	351
4	8	2	274	274	4	11	2	371	375
4	8	3	259	259	4	11	3	380	380
4	8	4	255	255	4	11	4	374	374
4	8	5	268	268	4	11	5	366	373
4	8	6	260	260	4	11	6	364	364
4	8	7	269	269	4	11	7	358	363
4	8	8	256	256	4	11	8	371	371
4	8	9	269	269	4	11	9	365	365
4	8	10	273	273	4	11	10	366	366
4	8	11	273	273	4	11	11	372	372
4	8	12	252	252	4	11	12	358	358
4	8	13	270	270	4	11	13	360	360
4	8	14	269	269	4	11	14	367	367
4	8	15	260	260	4	11	15	372	372

Tabela 23 – Instâncias Small - Balanced 4 máquinas



NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
6	6	1	-	-	6	9	1	247	247
6	6	2	-	-	6	9	2	233	233
6	6	3	-	-	6	9	3	225	225
6	6	4	-	-	6	9	4	239	239
6	6	5	-	-	6	9	5	246	246
6	6	6	-	-	6	9	6	226	226
6	6	7	-	-	6	9	7	238	238
6	6	8	-	-	6	9	8	234	234
6	6	9	-	-	6	9	9	238	238
6	6	10	-	-	6	9	10	255	255
6	6	11	-	-	6	9	11	243	244
6	6	12	-	-	6	9	12	230	230
6	6	13	-	-	6	9	13	241	241
6	6	14	-	-	6	9	14	239	239
6	6	15	-	-	6	9	15	244	244
6	7	1	-	-	6	10	1	244	244
6	7	2	-	-	6	10	2	248	248
6	7	3	-	-	6	10	3	247	247
6	7	4	-	-	6	10	4	245	245
6	7	5	-	-	6	10	5	239	239
6	7	6	-	-	6	10	6	243	243
6	7	7	-	-	6	10	7	248	248
6	7	8	-	-	6	10	8	242	247
6	7	9	-	-	6	10	9	241	247
6	7	10	-	-	6	10	10	246	246
6	7	11	-	-	6	10	11	259	258
6	7	12	-	-	6	10	12	245	245
6	7	13	-	-	6	10	13	247	247
6	7	14	-	-	6	10	14	237	237
6	7	15	-	-	6	10	15	259	259
6	8	1	237	237	6	11	1	256	257
6	8	2	227	227	6	11	2	254	254
6	8	3	241	241	6	11	3	256	259
6	8	4	233	233	6	11	4	254	255
6	8	5	235	235	6	11	5	244	244
6	8	6	231	231	6	11	6	257	257
6	8	7	234	234	6	11	7	254	254
6	8	8	238	238	6	11	8	247	247
6	8	9	232	232	6	11	9	255	256
6	8	10	233	233	6	11	10	252	253
6	8	11	231	231	6	11	11	244	244
6	8	12	243	243	6	11	12	258	258
6	8	13	235	235	6	11	13	248	248
6	8	14	246	246	6	11	14	246	246
6	8	15	221	221	6	11	15	244	244

Tabela 24 – Instâncias Small - Balanced 6 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
8	6	1	-	-	8	9	1	-	-
8	6	2	-	-	8	9	2	-	-
8	6	3	-	-	8	9	3	-	-
8	6	4	-	-	8	9	4	-	-
8	6	5	-	-	8	9	5	-	-
8	6	6	-	-	8	9	6	-	-
8	6	7	-	-	8	9	7	-	-
8	6	8	-	-	8	9	8	-	-
8	6	9	-	-	8	9	9	-	-
8	6	10	-	-	8	9	10	-	-
8	6	11	-	-	8	9	11	-	-
8	6	12	-	-	8	9	12	-	-
8	6	13	-	-	8	9	13	-	-
8	6	14	-	-	8	9	14	-	-
8	6	15	-	-	8	9	15	-	-
8	7	1	-	-	8	10	1	227	227
8	7	2	-	-	8	10	2	236	236
8	7	3	-	-	8	10	3	224	224
8	7	4	-	-	8	10	4	225	225
8	7	5	-	-	8	10	5	220	220
8	7	6	-	-	8	10	6	216	216
8	7	7	-	-	8	10	7	229	229
8	7	8	-	-	8	10	8	223	223
8	7	9	-	-	8	10	9	232	232
8	7	10	-	-	8	10	10	230	230
8	7	11	-	-	8	10	11	225	225
8	7	12	-	-	8	10	12	234	234
8	7	13	-	-	8	10	13	219	219
8	7	14	-	-	8	10	14	228	228
8	7	15	-	-	8	10	15	224	224
8	8	1	-	-	8	11	1	235	235
8	8	2	-	-	8	11	2	234	234
8	8	3	-	-	8	11	3	233	235
8	8	4	-	-	8	11	4	227	227
8	8	5	-	-	8	11	5	233	233
8	8	6	-	-	8	11	6	232	232
8	8	7	-	-	8	11	7	230	230
8	8	8	-	-	8	11	8	240	240
8	8	9	-	-	8	11	9	232	232
8	8	10	-	-	8	11	10	228	228
8	8	11	-	-	8	11	11	237	237
8	8	12	-	-	8	11	12	231	231
8	8	13	-	-	8	11	13	232	232
8	8	14	-	-	8	11	14	238	238
8	8	15	-	-	8	11	15	225	225

Tabela 25 – Instâncias Small - Balanced 8 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
2	6	1	633	633	2	9	1	974	974
2	6	2	613	613	2	9	2	1017	1017
2	6	3	613	613	2	9	3	996	996
2	6	4	611	611	2	9	4	983	983
2	6	5	655	655	2	9	5	999	999
2	6	6	652	652	2	9	6	995	995
2	6	7	638	638	2	9	7	951	951
2	6	8	628	628	2	9	8	1034	1034
2	6	9	627	627	2	9	9	968	968
2	6	10	614	614	2	9	10	971	971
2	6	11	623	623	2	9	11	985	985
2	6	12	657	657	2	9	12	988	988
2	6	13	651	651	2	9	13	993	993
2	6	14	609	609	2	9	14	985	985
2	6	15	626	626	2	9	15	990	990
2	7	1	770	770	2	10	1	1039	1039
2	7	2	816	816	2	10	2	1006	1010
2	7	3	796	796	2	10	3	1006	1006
2	7	4	790	790	2	10	4	973	973
2	7	5	789	789	2	10	5	1010	1010
2	7	6	783	783	2	10	6	993	993
2	7	7	793	793	2	10	7	1045	1045
2	7	8	788	788	2	10	8	1035	1035
2	7	9	776	776	2	10	9	995	995
2	7	10	798	798	2	10	10	1010	1010
2	7	11	787	787	2	10	11	986	986
2	7	12	753	753	2	10	12	1016	1016
2	7	13	817	817	2	10	13	1062	1062
2	7	14	760	760	2	10	14	1003	1003
2	7	15	791	791	2	10	15	1014	1014
2	8	1	817	817	2	11	1	1152	1152
2	8	2	842	842	2	11	2	1165	1165
2	8	3	824	824	2	11	3	1143	1143
2	8	4	795	795	2	11	4	1169	1169
2	8	5	809	809	2	11	5	1159	1159
2	8	6	830	830	2	11	6	1163	1163
2	8	7	849	849	2	11	7	1136	1136
2	8	8	817	817	2	11	8	1160	1160
2	8	9	829	829	2	11	9	1158	1158
2	8	10	807	807	2	11	10	1194	1194
2	8	11	819	819	2	11	11	1151	1151
2	8	12	815	815	2	11	12	1196	1196
2	8	13	824	824	2	11	13	1167	1167
2	8	14	840	840	2	11	14	1163	1163
2	8	15	836	836	2	11	15	1190	1190

Tabela 26 – Instâncias Small - Processing 2 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
4	6	1	393	393	4	9	1	566	566
4	6	2	412	412	4	9	2	540	540
4	6	3	394	394	4	9	3	556	556
4	6	4	404	404	4	9	4	566	566
4	6	5	407	407	4	9	5	588	588
4	6	6	401	401	4	9	6	577	577
4	6	7	396	396	4	9	7	570	570
4	6	8	391	391	4	9	8	571	571
4	6	9	403	403	4	9	9	568	568
4	6	10	396	396	4	9	10	582	582
4	6	11	382	382	4	9	11	577	577
4	6	12	397	397	4	9	12	577	553
4	6	13	392	392	4	9	13	564	564
4	6	14	398	398	4	9	14	584	584
4	6	15	395	395	4	9	15	550	550
4	7	1	383	383	4	10	1	577	577
4	7	2	393	393	4	10	2	586	586
4	7	3	402	402	4	10	3	579	579
4	7	4	411	411	4	10	4	573	573
4	7	5	405	405	4	10	5	580	580
4	7	6	410	410	4	10	6	583	583
4	7	7	412	412	4	10	7	591	591
4	7	8	400	400	4	10	8	579	579
4	7	9	412	412	4	10	9	582	582
4	7	10	403	403	4	10	10	593	593
4	7	11	406	406	4	10	11	606	606
4	7	12	405	405	4	10	12	575	575
4	7	13	406	406	4	10	13	581	581
4	7	14	412	412	4	10	14	586	586
4	7	15	408	408	4	10	15	583	583
4	8	1	409	409	4	11	1	591	591
4	8	2	405	405	4	11	2	581	581
4	8	3	404	404	4	11	3	608	605
4	8	4	408	408	4	11	4	589	589
4	8	5	429	429	4	11	5	605	605
4	8	6	418	418	4	11	6	576	576
4	8	7	407	407	4	11	7	596	600
4	8	8	407	407	4	11	8	605	605
4	8	9	428	428	4	11	9	599	599
4	8	10	429	429	4	11	10	591	598
4	8	11	409	409	4	11	11	589	589
4	8	12	409	409	4	11	12	583	588
4	8	13	424	424	4	11	13	593	593
4	8	14	424	424	4	11	14	582	582
4	8	15	406	406	4	11	15	584	590

Tabela 27 – Instâncias Small - Processing 4 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
4	6	1	393	393	4	9	1	566	566
4	6	2	412	412	4	9	2	540	540
4	6	3	394	394	4	9	3	556	556
4	6	4	404	404	4	9	4	566	566
4	6	5	407	407	4	9	5	588	588
4	6	6	401	401	4	9	6	577	577
4	6	7	396	396	4	9	7	570	570
4	6	8	391	391	4	9	8	571	571
4	6	9	403	403	4	9	9	568	568
4	6	10	396	396	4	9	10	582	582
4	6	11	382	382	4	9	11	577	577
4	6	12	397	397	4	9	12	577	553
4	6	13	392	392	4	9	13	564	564
4	6	14	398	398	4	9	14	584	584
4	6	15	395	395	4	9	15	550	550
4	7	1	383	383	4	10	1	577	577
4	7	2	393	393	4	10	2	586	586
4	7	3	402	402	4	10	3	579	579
4	7	4	411	411	4	10	4	573	573
4	7	5	405	405	4	10	5	580	580
4	7	6	410	410	4	10	6	583	583
4	7	7	412	412	4	10	7	591	591
4	7	8	400	400	4	10	8	579	579
4	7	9	412	412	4	10	9	582	582
4	7	10	403	403	4	10	10	593	593
4	7	11	406	406	4	10	11	606	606
4	7	12	405	405	4	10	12	575	575
4	7	13	406	406	4	10	13	581	581
4	7	14	412	412	4	10	14	586	586
4	7	15	408	408	4	10	15	583	583
4	8	1	409	409	4	11	1	591	591
4	8	2	405	405	4	11	2	581	581
4	8	3	404	404	4	11	3	608	605
4	8	4	408	408	4	11	4	589	589
4	8	5	429	429	4	11	5	605	605
4	8	6	418	418	4	11	6	576	576
4	8	7	407	407	4	11	7	596	600
4	8	8	407	407	4	11	8	605	605
4	8	9	428	428	4	11	9	599	599
4	8	10	429	429	4	11	10	591	598
4	8	11	409	409	4	11	11	589	589
4	8	12	409	409	4	11	12	583	588
4	8	13	424	424	4	11	13	593	593
4	8	14	424	424	4	11	14	582	582
4	8	15	406	406	4	11	15	584	590

Tabela 28 – Instâncias Small - Processing 4 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
6	6	1	-	-	6	9	1	397	397
6	6	2	-	-	6	9	2	388	388
6	6	3	-	-	6	9	3	387	387
6	6	4	-	-	6	9	4	389	389
6	6	5	-	-	6	9	5	396	396
6	6	6	-	-	6	9	6	403	403
6	6	7	-	-	6	9	7	394	394
6	6	8	-	-	6	9	8	385	385
6	6	9	-	-	6	9	9	393	393
6	6	10	-	-	6	9	10	394	394
6	6	11	-	-	6	9	11	388	388
6	6	12	-	-	6	9	12	380	380
6	6	13	-	-	6	9	13	391	391
6	6	14	-	-	6	9	14	386	386
6	6	15	-	-	6	9	15	397	397
6	7	1	-	-	6	10	1	393	393
6	7	2	-	-	6	10	2	398	398
6	7	3	-	-	6	10	3	400	400
6	7	4	-	-	6	10	4	385	385
6	7	5	-	-	6	10	5	388	388
6	7	6	-	-	6	10	6	397	397
6	7	7	-	-	6	10	7	399	399
6	7	8	-	-	6	10	8	390	390
6	7	9	-	-	6	10	9	396	396
6	7	10	-	-	6	10	10	395	395
6	7	11	-	-	6	10	11	390	390
6	7	12	-	-	6	10	12	388	388
6	7	13	-	-	6	10	13	400	400
6	7	14	-	-	6	10	14	393	393
6	7	15	-	-	6	10	15	401	401
6	8	1	388	388	6	11	1	394	394
6	8	2	383	383	6	11	2	398	398
6	8	3	387	387	6	11	3	397	397
6	8	4	368	368	6	11	4	405	406
6	8	5	390	390	6	11	5	403	403
6	8	6	380	380	6	11	6	395	394
6	8	7	389	389	6	11	7	408	408
6	8	8	394	394	6	11	8	398	398
6	8	9	393	393	6	11	9	396	396
6	8	10	373	373	6	11	10	394	394
6	8	11	394	394	6	11	11	402	402
6	8	12	382	382	6	11	12	393	393
6	8	13	387	387	6	11	13	409	409
6	8	14	377	377	6	11	14	403	404
6	8	15	391	391	6	11	15	403	403

Tabela 29 – Instâncias Small - Processing 6 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
8	6	1	-	-	8	9	1	-	-
8	6	2	-	-	8	9	2	-	-
8	6	3	-	-	8	9	3	-	-
8	6	4	-	-	8	9	4	-	-
8	6	5	-	-	8	9	5	-	-
8	6	6	-	-	8	9	6	-	-
8	6	7	-	-	8	9	7	-	-
8	6	8	-	-	8	9	8	-	-
8	6	9	-	-	8	9	9	-	-
8	6	10	-	-	8	9	10	-	-
8	6	11	-	-	8	9	11	-	-
8	6	12	-	-	8	9	12	-	-
8	6	13	-	-	8	9	13	-	-
8	6	14	-	-	8	9	14	-	-
8	6	15	-	-	8	9	15	-	-
8	7	1	-	-	8	10	1	374	374
8	7	2	-	-	8	10	2	380	380
8	7	3	-	-	8	10	3	377	377
8	7	4	-	-	8	10	4	377	377
8	7	5	-	-	8	10	5	388	388
8	7	6	-	-	8	10	6	372	372
8	7	7	-	-	8	10	7	379	379
8	7	8	-	-	8	10	8	376	376
8	7	9	-	-	8	10	9	361	361
8	7	10	-	-	8	10	10	377	377
8	7	11	-	-	8	10	11	373	373
8	7	12	-	-	8	10	12	380	380
8	7	13	-	-	8	10	13	375	375
8	7	14	-	-	8	10	14	384	384
8	7	15	-	-	8	10	15	369	369
8	8	1	-	-	8	11	1	384	384
8	8	2	-	-	8	11	2	386	386
8	8	3	-	-	8	11	3	390	390
8	8	4	-	-	8	11	4	383	388
8	8	5	-	-	8	11	5	367	367
8	8	6	-	-	8	11	6	379	379
8	8	7	-	-	8	11	7	388	388
8	8	8	-	-	8	11	8	382	382
8	8	9	-	-	8	11	9	374	374
8	8	10	-	-	8	11	10	377	380
8	8	11	-	-	8	11	11	377	377
8	8	12	-	-	8	11	12	381	381
8	8	13	-	-	8	11	13	377	377
8	8	14	-	-	8	11	14	378	378
8	8	15	-	-	8	11	15	373	373

Tabela 30 – Instâncias Small - Processing 8 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
2	6	1	626	626	2	9	1	971	971
2	6	2	626	626	2	9	2	985	985
2	6	3	621	621	2	9	3	988	988
2	6	4	609	609	2	9	4	993	993
2	6	5	594	594	2	9	5	985	985
2	6	6	649	649	2	9	6	962	962
2	6	7	612	612	2	9	7	992	992
2	6	8	652	652	2	9	8	1000	1000
2	6	9	638	638	2	9	9	953	53
2	6	10	628	628	2	9	10	980	980
2	6	11	627	627	2	9	11	967	967
2	6	12	614	614	2	9	12	988	988
2	6	13	623	623	2	9	13	957	957
2	6	14	657	657	2	9	14	978	978
2	6	15	651	651	2	9	15	958	958
2	7	1	755	755	2	10	1	982	982
2	7	2	800	800	2	10	2	1016	1016
2	7	3	786	786	2	10	3	1016	1020
2	7	4	769	769	2	10	4	1050	1050
2	7	5	798	798	2	10	5	1025	1025
2	7	6	767	767	2	10	6	1045	1045
2	7	7	795	795	2	10	7	1036	1036
2	7	8	793	793	2	10	8	1045	1045
2	7	9	770	770	2	10	9	1035	1035
2	7	10	816	816	2	10	10	995	995
2	7	11	796	796	2	10	11	1010	1010
2	7	12	790	790	2	10	12	986	986
2	7	13	789	789	2	10	13	1016	1016
2	7	14	738	738	2	10	14	1062	1062
2	7	15	804	804	2	10	15	986	986
2	8	1	839	839	2	11	1	1211	1211
2	8	2	809	809	2	11	2	1143	1143
2	8	3	802	802	2	11	3	1146	1146
2	8	4	822	822	2	11	4	1142	1142
2	8	5	834	834	2	11	5	1170	1170
2	8	6	810	810	2	11	6	1178	1178
2	8	7	796	796	2	11	7	1147	1147
2	8	8	835	835	2	11	8	1168	1168
2	8	9	817	817	2	11	9	1180	1180
2	8	10	805	805	2	11	10	1152	1152
2	8	11	863	863	2	11	11	1165	1165
2	8	12	807	807	2	11	12	1143	1143
2	8	13	837	837	2	11	13	1169	1169
2	8	14	808	808	2	11	14	1159	1159
2	8	15	820	820	2	11	15	1163	1163

Tabela 31 – Instâncias Small - Setup 2 máquinas



NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
4	6	1	391	391	4	9	1	570	570
4	6	2	403	403	4	9	2	571	571
4	6	3	396	396	4	9	3	568	568
4	6	4	382	382	4	9	4	582	582
4	6	5	397	397	4	9	5	577	577
4	6	6	390	390	4	9	6	553	553
4	6	7	392	392	4	9	7	564	564
4	6	8	410	410	4	9	8	584	584
4	6	9	385	385	4	9	9	550	550
4	6	10	411	411	4	9	10	570	570
4	6	11	383	383	4	9	11	571	571
4	6	12	400	400	4	9	12	571	570
4	6	13	402	402	4	9	13	561	561
4	6	14	406	406	4	9	14	579	579
4	6	15	402	402	4	9	15	552	552
4	7	1	396	396	4	10	1	565	565
4	7	2	409	409	4	10	2	569	569
4	7	3	394	394	4	10	3	584	584
4	7	4	403	403	4	10	4	589	589
4	7	5	383	383	4	10	5	566	566
4	7	6	393	393	4	10	6	588	588
4	7	7	402	402	4	10	7	584	584
4	7	8	411	411	4	10	8	592	592
4	7	9	405	405	4	10	9	583	583
4	7	10	398	399	4	10	10	579	579
4	7	11	407	407	4	10	11	569	569
4	7	12	410	410	4	10	12	574	574
4	7	13	393	393	4	10	13	567	567
4	7	14	395	395	4	10	14	594	595
4	7	15	399	399	4	10	15	588	588
4	8	1	425	425	4	11	1	596	596
4	8	2	415	415	4	11	2	588	588
4	8	3	418	418	4	11	3	595	595
4	8	4	409	410	4	11	4	592	592
4	8	5	413	413	4	11	5	606	606
4	8	6	415	415	4	11	6	598	598
4	8	7	421	421	4	11	7	602	602
4	8	8	414	414	4	11	8	596	596
4	8	9	420	420	4	11	9	590	590
4	8	10	406	406	4	11	10	592	591
4	8	11	420	420	4	11	11	597	597
4	8	12	411	411	4	11	12	583	583
4	8	13	424	424	4	11	13	585	585
4	8	14	407	407	4	11	14	592	592
4	8	15	414	414	4	11	15	596	596

Tabela 32 – Instâncias Small - Setup 4 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
6	6	1	-	-	6	9	1	395	395
6	6	2	-	-	6	9	2	393	393
6	6	3	-	-	6	9	3	384	384
6	6	4	-	-	6	9	4	387	387
6	6	5	-	-	6	9	5	387	387
6	6	6	-	-	6	9	6	389	389
6	6	7	-	-	6	9	7	376	376
6	6	8	-	-	6	9	8	383	383
6	6	9	-	-	6	9	9	388	388
6	6	10	-	-	6	9	10	387	387
6	6	11	-	-	6	9	11	397	397
6	6	12	-	-	6	9	12	388	388
6	6	13	-	-	6	9	13	387	387
6	6	14	-	-	6	9	14	389	389
6	6	15	-	-	6	9	15	396	396
6	7	1	-	-	6	10	1	393	393
6	7	2	-	-	6	10	2	390	390
6	7	3	-	-	6	10	3	385	385
6	7	4	-	-	6	10	4	393	393
6	7	5	-	-	6	10	5	389	389
6	7	6	-	-	6	10	6	381	381
6	7	7	-	-	6	10	7	395	395
6	7	8	-	-	6	10	8	405	405
6	7	9	-	-	6	10	9	391	391
6	7	10	-	-	6	10	10	386	386
6	7	11	-	-	6	10	11	393	393
6	7	12	-	-	6	10	12	396	400
6	7	13	-	-	6	10	13	395	395
6	7	14	-	-	6	10	14	394	394
6	7	15	-	-	6	10	15	398	398
6	8	1	381	381	6	11	1	394	394
6	8	2	384	384	6	11	2	412	407
6	8	3	388	388	6	11	3	391	391
6	8	4	382	382	6	11	4	401	401
6	8	5	383	383	6	11	5	409	409
6	8	6	381	381	6	11	6	394	398
6	8	7	393	393	6	11	7	388	388
6	8	8	385	385	6	11	8	400	400
6	8	9	396	396	6	11	9	407	407
6	8	10	371	371	6	11	10	396	396
6	8	11	387	387	6	11	11	394	394
6	8	12	387	387	6	11	12	399	400
6	8	13	388	388	6	11	13	404	405
6	8	14	383	383	6	11	14	398	398
6	8	15	387	387	6	11	15	401	405

Tabela 33 – Instâncias Small - Setup 6 máquinas

NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS	NumMach	NumJobs	Files	ACOII	VNS
8	6	1	-	-	8	9	1	-	-
8	6	2	-	-	8	9	2	-	-
8	6	3	-	-	8	9	3	-	-
8	6	4	-	-	8	9	4	-	-
8	6	5	-	-	8	9	5	-	-
8	6	6	-	-	8	9	6	-	-
8	6	7	-	-	8	9	7	-	-
8	6	8	-	-	8	9	8	-	-
8	6	9	-	-	8	9	9	-	-
8	6	10	-	-	8	9	10	-	-
8	6	11	-	-	8	9	11	-	-
8	6	12	-	-	8	9	12	-	-
8	6	13	-	-	8	9	13	-	-
8	6	14	-	-	8	9	14	-	-
8	6	15	-	-	8	9	15	-	-
8	7	1	-	-	8	10	1	365	365
8	7	2	-	-	8	10	2	370	370
8	7	3	-	-	8	10	3	382	382
8	7	4	-	-	8	10	4	370	370
8	7	5	-	-	8	10	5	380	380
8	7	6	-	-	8	10	6	384	384
8	7	7	-	-	8	10	7	377	377
8	7	8	-	-	8	10	8	377	377
8	7	9	-	-	8	10	9	374	374
8	7	10	-	-	8	10	10	375	375
8	7	11	-	-	8	10	11	370	370
8	7	12	-	-	8	10	12	366	366
8	7	13	-	-	8	10	13	379	379
8	7	14	-	-	8	10	14	373	373
8	7	15	-	-	8	10	15	382	382
8	8	1	-	-	8	11	1	375	377
8	8	2	-	-	8	11	2	389	389
8	8	3	-	-	8	11	3	369	377
8	8	4	-	-	8	11	4	382	382
8	8	5	-	-	8	11	5	376	384
8	8	6	-	-	8	11	6	377	380
8	8	7	-	-	8	11	7	377	377
8	8	8	-	-	8	11	8	381	381
8	8	9	-	-	8	11	9	377	377
8	8	10	-	-	8	11	10	383	385
8	8	11	-	-	8	11	11	377	377
8	8	12	-	-	8	11	12	383	383
8	8	13	-	-	8	11	13	382	382
8	8	14	-	-	8	11	14	380	380
8	8	15	-	-	8	11	15	390	390

Tabela 34 – Instâncias Small - Setup 8 máquinas