

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
CENTRO DE TECNOLOGIAS ESPECIAIS
LABORATÓRIO ASSOCIADO DE COMPUTAÇÃO E MATEMÁTICA APLICADA

RELATÓRIO CIENTÍFICO

**ESTUDO DE MÉTODOS DE SOLUÇÃO PARA PROBLEMAS DE
PROGRAMAÇÃO DE TAREFAS CONSIDERANDO O AGRUPAMENTO DAS
TAREFAS**

Bolsista: Lilian de Lima

Tipo de Bolsa: Iniciação Científica - PIBIC/CNPq

Vigência: 01/09/98 à 31/07/99

Orientadora: Cintia Rigão Scrich

Responsável pela bolsista no INPE: Horácio Hideki Yanasse

Fevereiro de 1999

Este relatório apresenta as atividades executadas durante o período de 01/09/1998 a 20/02/1999.

Este projeto teve início quando consegui uma bolsa de Iniciação Científica (IC) pelo CNPq /PIBIC e, através de material fornecido pela orientadora Dra. Cintia Rigão Scrich, pesquisei sobre assuntos relacionados à programação de tarefas (*scheduling*). A bibliografia básica utilizada foi (Baker, 1974) e (French, 1982).

Durante os 3 primeiros meses procurei me familiarizar com a área e nomenclatura utilizada. Pude constatar que problemas de programação de tarefas podem se apresentar das mais diversas maneiras, seja nas indústrias ou em qualquer outro ambiente em que existam muitas tarefas a serem executadas dentro de um determinado prazo. Isso torna a solução desses problemas muito importante pois, com a redução do tempo de execução de determinadas tarefas, reduz-se também o custo dessa produção, aumentando a produtividade.

Depois desta fase inicial comecei a ler artigos sobre problemas específicos de programação de tarefas com formação de grupos de tarefas (*batches*), dentre os quais pode-se citar os seguintes trabalhos: Crauwels et al., 1997; Mehta e Uzsoy, 1998; Müller e Limberger, 1998; Uzsoy, 1994; Uzsoy, 1995. A partir destes artigos, que englobavam diferentes problemas e métodos de solução, foi escolhido o problema que está sendo estudado e para o qual um método de solução será implementado e testado.

O problema consiste em programar N tarefas em uma máquina que tem capacidade de processar até B ($B < N$) tarefas simultaneamente (*batch processor*) como um *batch*. Cada tarefa possui um tempo de processamento (p_i) na máquina e uma data de entrega (d_i). O tempo de processamento de cada batch é igual ao maior tempo de processamento das tarefas que o compõem. Uma vez que se inicia o processamento de um batch na máquina ele não pode ser interrompido até que seja completado. O objetivo é agrupar as tarefas, ou seja, formar os batches, e sequenciá-los na máquina de maneira que a soma do atraso total das tarefas seja minimizado. O atraso de cada tarefa corresponde ao máximo entre a diferença do seu instante de término (C_i) e sua data de entrega e zero, isto é, $\max\{0, C_i - d_i\}$.

Este problema tem sido estudado para outros objetivos, tais como de minimizar o atraso máximo, minimizar o tempo total de término das tarefas, minimizar o número de tarefas atrasadas. Como este problema é considerado de difícil solução, em geral, são desenvolvidos métodos heurísticos de resolução. A maior parte destes métodos segue os seguintes passos básicos:

1º) Agrupar, de acordo com alguma regra, as tarefas formando os *batches* e respeitando a capacidade da máquina.

2º) Sequenciar os batches na máquina.

Neste trabalho o método que está sendo desenvolvido para o problema também segue estes passos básicos. A idéia é utilizar a regra EDD (*earliest due date*) para ordenar as tarefas. A partir desta ordenação forma-se batches de tamanho B, o que implica que serão formados $\lceil N/B \rceil$ batches, onde $\lceil x \rceil$ representa o menor inteiro maior ou igual a x. Esses batches são sequenciados na máquina na ordem em que estão sendo formados. A partir desta primeira solução obtida, será feito um passo de melhoria que consiste em alterar o sequenciamento e/ou a composição dos batches, fazendo a troca ou inserção de tarefas entre batches ou troca de posição dos batches na máquina.

O método será implementado em linguagem C++ e os dados usados para os problemas-teste, tais como número de tarefas (N), capacidade da máquina (B), tempo de processamento das tarefas e data de entrega das tarefas, serão gerados aleatoriamente.

Em virtude da implementação a ser realizada, procurei também neste período familiarizar-me com o sistema operacional Unix (Estações de trabalho) e alguns softwares aplicativos, além de aprimorar meus conhecimentos nas linguagens C e C++.

São José dos Campos, 25 de fevereiro de 1999.


LILIAN DE LIMA

De acordo: 
CINTIA RIGÃO SCRICH

Referências Bibliográficas

- Baker, K., (1974), *Introduction to sequencing and scheduling*, J.Wiley, NY.
- Crauwels, H.A.J., Potts, C.N. e Van Wassenhove, L.N., (1997), Local search heuristics for single machine scheduling with batch set-up times to minimize total weighted completion time, *Annals of Operations Research*, vol.70, pp 261-279.
- French, S., (1982), *Sequencing and scheduling: an introduction to the mathematics of job-shop*, Horwood, Chichester.
- Mehta, S.V. e Uzsoy, R., (1998), Minimizing total tardiness on a batch processing machine with incompatible job families, *IIE Transactions*, vol.30, pp 165-178.
- Müller, F. M. e Limberger, S. J., (1998), Uma nova heurística de troca para o problema de sequenciamento de tarefas em processadores uniformes, *Anais do XVIII ENEGEP*.
- Uzsoy, R., (1994), Scheduling a single batch processing machine with non-identical job sizes, *International Journal of Production Research*, vol.32, pp 1615-1635.
- Uzsoy, R., (1995), Scheduling batch processing machines with incompatible job families, *International Journal of Production Research*, vol.33, pp 2685-2708.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
CENTRO DE TECNOLOGIAS ESPECIAIS
LABORATÓRIO ASSOCIADO DE COMPUTAÇÃO E MATEMÁTICA APLICADA

RELATÓRIO FINAL

**ESTUDO DE MÉTODOS DE SOLUÇÃO PARA PROBLEMAS DE
PROGRAMAÇÃO DE TAREFAS CONSIDERANDO O AGRUPAMENTO DAS
TAREFAS**

Bolsista: Lilian de Lima

Tipo de Bolsa: Iniciação Científica - PIBIC/CNPq

Vigência: 01/09/98 à 31/07/99

Orientadora: Cintia Rigão Scrich

Responsável pela bolsista no INPE: Horácio Hideki Yanasse

Abril de 1999

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro e à minha orientadora Dra. Cintia Rigão Scrich que me deu a oportunidade de ampliar meus conhecimentos, incentivando e orientando-me nas pesquisas o que o fez com muita sabedoria.

Agradeço também aos meus colegas Daniel Merli Lamosa, Simonne Cristina Ferraz Querido e outros que de uma forma ou de outra direta ou indiretamente me apoiaram e me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

Este relatório apresenta as atividades executadas durante o período de 01/09/1998 a 22/04/1999.

Iniciei o projeto quando consegui uma bolsa de Iniciação Científica (IC) pelo CNPq /PIBIC e, através de material fornecido pela orientadora Dra. Cintia Rigão Scrich, pesquisei sobre assuntos relacionados à programação de tarefas (*scheduling*) e comecei a organizar um algoritmo. A bibliografia básica utilizada foi (Baker, 1974) e (French, 1982).

Neste período pude constatar que problemas de programação de tarefas podem se apresentar das mais diversas maneiras, seja nas indústrias ou em qualquer outro ambiente em que existam muitas tarefas a serem executadas dentro de um determinado prazo. Isso torna a solução desses problemas muito importante pois, com a redução do tempo de execução de determinadas tarefas, reduz-se também o custo dessa produção, aumentando a produtividade.

Li vários artigos sobre problemas específicos de programação de tarefas com formação de batches, dentre os quais pode-se citar os seguintes trabalhos: Crauwels et al., 1997; Mehta e Uzsoy, 1998; Uzsoy, 1994 e Uzsoy, 1995. A partir destes artigos que englobavam diferentes problemas e métodos de solução, foi escolhido o problema que comecei a estudar.

O problema estudado consiste em programar N tarefas em uma máquina que tem capacidade de processar até B ($B < N$) tarefas simultaneamente (*batch processor*) como um *batch*. Cada tarefa possui um tempo de processamento (p_i) na máquina e uma data de entrega (d_i). O tempo de processamento de cada batch é igual ao maior tempo de processamento das tarefas que o compõem. Uma vez que se inicia o processamento de um batch na máquina ele não pode ser interrompido até que seja completado. O objetivo é agrupar as tarefas, ou seja, formar os batches, e sequenciá-los na máquina de maneira que a soma do atraso total das tarefas seja minimizado. O atraso de cada tarefa corresponde ao máximo entre a diferença do seu instante de término (C_i) e sua data de entrega e zero, isto é, $\max\{(0, C_i - d_i)\}$.

Comecei a organizar um algoritmo onde utilizamos a regra EDD (*earliest due date*) para ordenar as tarefas. A partir desta ordenação forma-se batches de tamanho B , o que implica que serão formados $\lceil N/B \rceil$ batches, onde $\lceil x \rceil$ representa o menor inteiro maior ou igual a x . Esse batches são sequenciados na máquina na ordem em que estão sendo formados.

Algoritmo scheduling

ler N, B

para $i=1$ até N
ler $tp[i]$

```

    ler dd [i]
    ordd[i]=i
    flag[i]=0
fim para

```

/ ordenação*/*

```

i=1
enquanto i<N faça
    j=i+1
    enquanto j <= N faça
        se dd[ordd[j]] < dd[ordd[i]]
            aux = ordd[j]
            ordd[j]=ordd[i]
            ordd[i]=aux
        fim se
        j=j+1
    fim enquanto
    i=i+1
fim enquanto

```

/ fim da ordenação */*

/ atraso*/*

função atraso ()

aux =0;

old =0

r =1;

s =1

```

    enquanto r <= N faça
        se r > ( s * B)
            para ( k = r-1; k=r-B; k--) faça
                tf [ord [k]]=batch [s]

```



```

    flag[ordd[k]]=1;
  fim para
    old=batch[s]
    aux = 0
    s = s+1
  fim se

  se tp [ordd[r]] > aux então
    aux = tp [ordd [r]]
    batch [s]=old+aux
  fim se
  r = r+1
fim enquanto

```

```

se r <= (s*B)
  para ( k = r-1; k=r-B; k--) faça
    se flag [ordd[k]]==0 então
      tf [ord [k]]=batch [s]
    fim se
  fim se
  s = 1
  r = 1
  atr = 0

```

```

enquanto r <=N faça
  se r > (s*B) então
    s = s+1
  fim se
  aux= batch [s] - dd[ordd[r]]
  atr = atr+aux
  r = r+1
fim enquanto

```

.....retorne atraso

fim /* fim da função atraso*/

Referências Bibliográficas

- Baker, K., (1974), *Introduction to sequencing and scheduling*, J.Wiley, NY.
- Crauwels, H.A.J., Potts, C.N. e Van Wassenhove, L.N., (1997), Local search heuristics for single machine scheduling with batch set-up times to minimize total weighted completion time, *Annals of Operations Research*, vol.70, pp 261-279.
- French, S., (1982), *Sequencing and scheduling: an introduction to the mathematics of job-shop*, Horwood, Chichester.
- Mehta, S.V. e Uzsoy, R., (1998), Minimizing total tardiness on a batch processing machine with incompatible job families, *IIE Transactions*, vol.30, pp 165-178.
- Uzsoy, R., (1994), Scheduling a single batch processing machine with non-identical job sizes, *International Journal of Production Research*, vol.32, pp 1615-1635.
- Uzsoy, R., (1995), Scheduling batch processing machines with incompatible job families, *International Journal of Production Research*, vol.33, pp 2685-2708.
- Müller, F. M. e Limberger, S. J., (1998), Uma nova heurística de troca para o problema de sequenciamento de tarefas em processadores uniformes, *Anais do ENEGEP*.

A partir desta primeira solução obtida, seria feito um passo de melhoria que consiste em alterar o sequenciamento e/ou a composição dos batches, fazendo a troca ou inserção de tarefas entre batches ou troca de posição dos batches na máquina.

São José dos Campos, 22 de abril de 1999.



LILIAN DE LIMA



CINTIA RIGÃO SCRICH