

Trabalho Prático

Disciplina: Computação Evolucionária - ELE083

Professor: Cristiano Leite de Castro

23 de Outubro de 2018

1 INTRODUÇÃO

O trabalho final da disciplina Computação Evolucionária tem como objetivo o emprego de uma das técnicas apresentadas durante o semestre para a solução de um problema em Engenharia. Tal problema será o *Job Shop Scheduling*, ou pelo menos uma variação dele.

Espera-se que o aluno desenvolva um método que encontre uma sequência ótima de pedidos de produção (*Jobs*) a serem produzidos sequencialmente em um determinado número de máquinas. Por uma sequência ótima de pedidos, entende-se uma sequência na qual o tempo total de produção (*makespan*) seja mínimo.

2 JOB SHOP SCHEDULING PROBLEM

O *Job Shop Scheduling Problem* (JSSP) é um problema clássico de otimização combinatória e possui diversas aplicações nas indústrias e nas empresas. Seu objetivo é obter uma sequência de tarefas a serem executadas de forma a maximizar a utilização dos recursos disponíveis. Por recursos, entende-se como máquinas, pessoas ou ambos.

O JSSP é um problema NP-Completo, ou seja, não é possível encontrar sua solução ótima em um tempo polinomial. Dessa maneira, faz-se uso de heurísticas para a obtenção de uma boa aproximação de sua solução ótima. Os algoritmos evolucionários são uma das

abordagens mais utilizadas para tal.

A formulação geral do problema, obtida em [8], considera n tarefas, ou pedidos de produção, ou $Jobs, J_1, J_2, J_3, \dots, J_n$ de diferentes durações para serem realizados, e m máquinas, M_1, M_2, \dots, M_m que realizam as tarefas; o JSSP consiste em encontrar o menor tempo possível de realização de todas as tarefas e que atenda às possíveis restrições. Ao tempo total de realização dá-se o nome de *makespan*.

Existem diversas variações do JSSP, no que diz respeito às restrições de máquinas e pedidos, no entanto para o corrente trabalho iremos considerar as seguintes:

- uma mesma máquina não pode realizar duas tarefas simultaneamente;
- uma mesma tarefa não pode ser realizada por duas máquinas simultaneamente, ou seja, a tarefa só deve ser iniciada na máquina M_{m+1} após sua conclusão na máquina M_m ;
- as tarefas devem ser processadas sequencialmente nas máquinas.

Para ilustrar o problema e restrições supracitadas, considere o cenário no qual existem 3 pedidos de produção, com diferentes tempos de processamento em cada uma de 3 máquinas como mostrado na figura 2.1. Caso todas as restrições já mencionadas sejam satisfeitas, considere um primeiro cenário, no qual os pedidos de produção devem ser inseridos na ordem X, Y, Z . Neste cenário, como mostrado na figura 2.2, para que todas as restrições sejam atendidas, são necessários 11 dias totais de produção.

Já na figura 2.3, é apresentada a sequência Z, Y, X , que também atende às restrições e na qual ocorre uma redução de 3 dias de produção. O JSSP busca encontrar a ordem de pedidos a serem inseridos na linha que acarreta no menor tempo de produção. Em grandes indústrias, tais ganhos em tempos de produção são fundamentais para o aumento de receitas, lucros e competitividade. Um exemplo concreto de tais ganhos é descrito em [7].

3 O PROCESSO DE LAMINAÇÃO

Em uma indústria siderúrgica, o processo de laminação é responsável pela transformação mecânica do aço, no qual placas, ou lingotes, provenientes da aciaria e armazenadas no pátio de placas são transformadas em chapas e/ou bobinas. Existem dois tipos de laminação:

- laminação de planos: a partir de blocos, lingotes ou chapas mais espessas ocorre a produção de chapas mais delgadas;
- laminação de longos (não planos): a partir de tarugos ou barras ocorre a produção de trilhos, vigas, arames e tubos.

Product X	Operation	Machine	Rate
	10	Machine A	24 hrs
	20	Machine B	16 hrs
	30	Machine C	8 hrs
Product Y	Operation	Machine	Rate
	10	Machine A	8 hrs
	20	Machine B	8 hrs
	30	Machine C	8 hrs
Product Z	Operation	Machine	Rate
	10	Machine A	8 hrs
	20	Machine B	16 hrs
	30	Machine C	24 hrs

Figura 2.1: Exemplo de entrada de um JSSP. Fonte: [7]

Scenario 1

Order 1 Product X

Order 2 Product Y

Order 3 Product Z

In scenario 1 the orders are sequenced X then Y then Z.

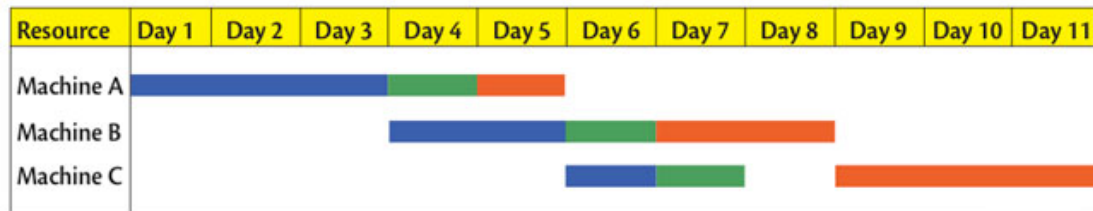


FIGURE 2 The Gantt chart shows that if machines process product X, Y, and then Z, it will take 11 days for all three products to be completed.

Figura 2.2: Sequência de pedidos a serem processados nas máquinas. Note que uma mesma máquina não atende dois ou mais pedidos simultaneamente, e os pedidos são processados necessariamente pelas máquinas A, B, e C nesta ordem. Fonte: [7]

Além da divisão no que diz respeito às dimensões dos materiais de entrada e saída da laminação, as laminações podem ser divididas ainda em Laminação a quente e Laminação a Frio. Na primeira, faz-se uso de um forno de reaquecimento das placas para que

Scenario 2

Order 1 Product Z

Order 2 Product Y

Order 3 Product X

In scenario 2 the sequence of the orders is changed to Z then Y then X.

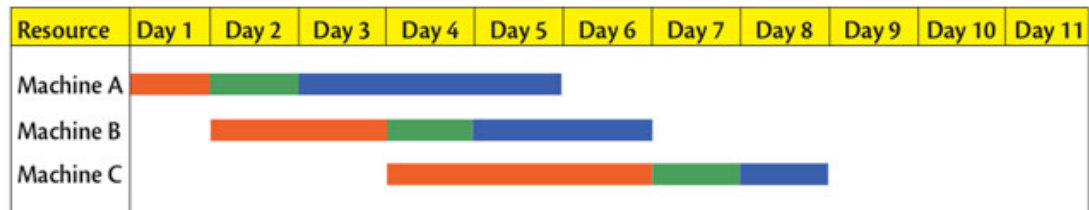


Figura 2.3: Sequência na qual ocorreu uma redução no tempo total de produção (*makespan*) e, dessa maneira, foram economizados 3 dias de produção em relação à sequência anterior. Fonte: [7]



Figura 3.1: Exemplo de laminação de planos. Fonte: [3]

ocorra uma alteração na estrutura molecular do material com o objetivo de se utilizar forças menores para se alcançar uma grande alteração nas dimensões do material.

Já na laminação a frio, não se utiliza um forno de reaquecimento e dessa maneira, são necessárias maiores forças e eletricidade para o tratamento do material. No entanto, os produtos da Laminação à frio possuem, em geral, qualidade superior aos da Laminação à quente, no que diz respeito à ondulações e dimensões extremamente reduzidas. Algumas vezes, um material é transformado na Laminação à quente e em seguida processado pela Laminação à frio com o objetivo de se aumentar o valor agregado do produto final.



Figura 3.2: Exemplo de laminação de longos. Fonte: [4]

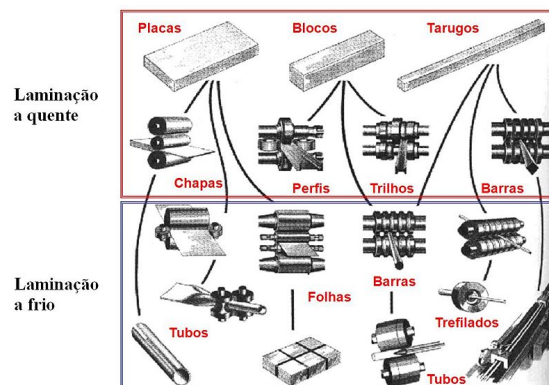


Figura 3.3: Exemplo de laminação à quente e à frio. Fonte: [5]

Alguns vídeos na Internet explicam de forma bastante didática o processo de laminação. Em [1], existe uma tele-aula do Telecurso, voltada para técnicos e operadores, com uma linguagem bastante simples, no qual são apresentados os conceitos principais do processo de laminação. Já em [2], é apresentado um vídeo da Gerdau no qual o processo siderúrgico como um todo é discutido, e dessa maneira, o processo de laminação também é mencionado.

4 O PROCESSO DE LAMINAÇÃO E O *Job Shop Scheduling Problem*

O processo de Laminação é composto por diversas etapas, mas a título de simplificação, vamos supor que em determinada usina siderúrgica, exista somente uma linha de laminação à quente de planos, e que esta linha é composta por 3 equipamentos: Forno de reaquecimento, Laminador, e Bobinadeira.

No pátio de placas, encontram-se diversas placas, com diferentes propriedades químicas e

dimensões e que devem ser transformadas em diferentes tipos de bobinas, com diferentes espessuras e comprimentos. Dessa maneira, placas diferentes têm diferentes tempos de processamento em cada um dos 3 equipamentos mencionados.

Suponha que exista um “sistema auxiliar” na laminação que já calcula o tempo de processamento em cada equipamento para cada placa contida no pátio de placas. Dessa maneira, uma possível saída deste “sistema auxiliar” seria:

21	26	19
26	25	21
22	27	21
26	11	7
7	25	15
22	29	25
17	25	28
28	19	8
27	8	29
28	10	26

Cada linha da saída deste sistema auxiliar representa um pedido. A primeira linha correspondente ao pedido 1 e assim por diante. Para cada pedido, existem 3 números que representam o tempo estimado em minutos de produção em cada um dos equipamentos da laminação. Assim, a linha (26 11 7), representa o pedido número 4, no qual espera-se que o material seja aquecido por 26 minutos no forno de reaquecimento, laminado por 11 minutos no laminador e bobinado por 7 minutos na bobinadeira.

Para o exemplo de entrada exibido, uma possível saída seria: [9 3 4 2 10 8 5 1 6 7, 2145]. Tal saída representa a solução na qual o pedido número 9 deve ser introduzido primeiro no forno de aquecimento, para em seguida ser introduzido o pedido número 3, e assim sucessivamente até finalmente o pedido número 7 ser introduzido na linha. O último número do vetor (2145) representa o *makespan*, ou seja, o tempo total de produção em minutos, que compreende o instante no qual o pedido 9 foi introduzido no forno, até o momento no qual o pedido 7 foi finalmente bobinado.

5 TAREFA

O trabalho final da disciplina consiste na geração de uma saída com a sequência de pedidos a serem inseridos na linha, além do tempo total de produção ou *makespan* que é a variável a ser minimizada.

Utilizando as técnicas estudadas durante o curso, crie um programa que recebe como entrada os arquivos; entrada_3.txt, entrada_10.txt e entrada_25.txt que estão formatados conforme a saída do “sistema auxiliar” mencionado na Seção 4. A partir desta entrada,

seu programa deve fornecer a saída explicitada que resulta no menor *makespan* possível.

Note que a solução deve atender às seguintes restrições:

- um mesmo equipamento não pode processar dois pedidos simultaneamente,
- um mesmo pedido (*Job*) não pode ser processado simultaneamente por mais de um dos 3 equipamentos e,
- para o mesmo pedido, o material deve ser processado necessariamente nesta mesma ordem: forno, laminador, bobinadeira.

Crie uma função no matlab chamada JSSP que recebe como parâmetro uma string com o nome do arquivo de entrada a ser carregado e que retorne o *makespan*, a sequência de pedidos a serem inseridos na linha de produção, um vetor contendo o *fitness* (*makespan*) médio em cada geração e um segundo vetor contendo o *fitness* do melhor indivíduo. Exemplo de como chamaremos a sua função nos nossos testes:

```
[makespan, sequence, avg_fit, best_fit] = JSSP('entrada_3.txt')
```

Onde:

1. **makespan**: O *fitness* da melhor solução encontrada.
2. **sequence**: A sequência de pedidos a ser inserida na linha que acarreta no *makespan* acima. Para a entrada com 3 pedidos, uma possível **sequence** seria: [2,1,3].
3. **avg_fit**: Vetor contendo em cada posição o *makespan* médio a cada geração.
4. **best_fit**: Vetor contendo em cada posição o melhor *makespan* a cada geração.

Note que os vetores **avg_fit** e **best_fit** devem, necessariamente, ter o mesmo tamanho.

Além dos códigos .m necessários para o teste da sua implementação, deverá ser entregue um relatório. Quanto à estrutura do relatório propomos:

- Capa contendo o nome dos participantes da dupla.
- Introdução apresentando de forma geral e sucinta o JSSP e o problema a ser resolvido.
- Desenvolvimento contendo as decisões de implementação do seu projeto, como:
 1. Forma de representação dos indivíduos.
 2. Em qual algoritmo evolucionário foi inspirado o seu algoritmo.
 3. Tipo de operador de seleção utilizado.
 4. Tipo de operador de cruzamento utilizado.
 5. Tipo de operador de mutação utilizado.

6. Critério(s) de parada utilizado(s).
 7. Valores de alguns parâmetros do algoritmo. Exemplos: tamanho da população, probabilidades de mutação e cruzamento, dentre outros.
 8. Demais informações que considerarem relevantes.
- Seção de resultados contendo o *makespan* encontrado para cada uma das 3 entradas. Um gráfico, para cada entrada, contendo o melhor e o *makespan* médio a cada geração.
 - Conclusão.
 - Bibliografia.

REFERÊNCIAS

- [1] Disponível Online em: <https://www.youtube.com/watch?v=VAssU9XAuls> [Setembro 2015].
- [2] Disponível Online em: <https://www.youtube.com/watch?v=eT7-B43yPW0> [Setembro 2015].
- [3] Disponível Online em: <http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/11500/producao-de-aco-cresce-mas-de-laminados-cai> [Setembro 2015].
- [4] Disponível Online em: <http://www.abmbrasil.com.br/news/materias/5818-especialistas-ministram-curso-sobre-laminacao-de-produtos-longos-em-evento-da-abm> [Setembro 2015].
- [5] Disponível Online em: <http://wiki.ued.ipleiria.pt/wikiEngenharia/index.php/Laminagem> [Setembro 2015].
- [6] Disponível Online em: <http://www.sabearings.com/aplicacoes/industrias-de-laminacao/> [Setembro 2015].
- [7] Disponível Online em: <http://www.thefabricator.com/article/shopmanagement/the-job-shop-schedule-always-imperfect-ever-adapting> [Setembro 2015].
- [8] Disponível Online em: https://en.wikipedia.org/wiki/Job_shop_scheduling [Setembro 2015].