



Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Solução de Escalonamento Para “*Flexible Job Shop Problem*”

Estruturas de Dados Avançados

01-06-2022

Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Tiago Carvalho 18601



INSTITUTO POLITÉCNICO
DO CÁVADO E DO AVE
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

Índice de Figuras

Ilustração 1 - Exemplo de Lista Ligada	8
Ilustração 2 - Menu Principal	11
Ilustração 3 - Disposição dos Dados no Ficheiro	11
Ilustração 4 - Amostra dos Dados	12
Ilustração 5 - Adição Normal de Processos	13
Ilustração 6 - Adição de Processos Quando não é Inserido por Ordem Crescente	13
Ilustração 7 - Processo a Remover	14
Ilustração 8 - Amostra do Processo Removido	14
Ilustração 9 - Menu de Edição de Operações.....	14
Ilustração 10 - Inserção de Novas Maquinas	15
Ilustração 11 - Amostra das Novas Maquinas.....	15
Ilustração 12 - Remoção de Maquinas.....	15
Ilustração 13 - Amostra da Maquina Removida.....	15
Ilustração 14 - Modificação do Numero da Maquina	16
Ilustração 15 - Amostra da Alteração do Numero	16
Ilustração 16 - Modificação do Tempo de Trabalho	16
Ilustração 17 - Amostra da Modificação do Tempo de Trabalho.....	16
Ilustração 18 - Breve Explicação de como executei a solução de escalonamento	18
Ilustração 19 - Menu Principal	19
Ilustração 20 - Disposição dos dados no ficheiro	19
Ilustração 21 - Informação retirada do ficheiro de texto.....	20
Ilustração 22 - Processo para adicionar um Job.....	20
Ilustração 23 - Processo para editar um Job	21
Ilustração 24 -Processo de edição de um job e ou operações.....	21
Ilustração 25 - Solução de Escalonamento Resultados 1.....	22
Ilustração 26 - Solução de Escalonamento Resultados 2.....	22

Índice

Índice de Figuras	3
Introdução	6
Objetivos	7
Fase 1	7
Fase 2	7
Estruturas de Dados	8
O que são estruturas de dados ?.....	8
Listas Ligadas	8
Organização do Trabalho Para a Fase 1	9
Lista Ligada	9
Estrutura “Processes”	9
Ficheiro de Texto	9
Cálculos do tempo máximo, mínimo e media.....	10
Tempo Máximo e Mínimo	10
Tempo Medio	10
Remover Processo	10
Modificar Processo	10
Resultados obtidos	11
Menu Principal	11
Ficheiro de Texto	11
Informação Retirada do Ficheiro.....	12
Adicionar Processo para Lista Vazia	12
Remover Processo	14
Modificar Processo	14
Adicionar Maquina	15
Remover Maquina	15
Editar Maquina	16
Editar Tempo	16
Organização do Trabalho Para a Fase 2	17
Lista Ligada	17
Estrutura “jobs”	17
Ficheiros de Texto	17
Remover Job	17
Editar Job/Operações	17

Solução de Escalonamento	18
Resultados obtidos.....	19
Menu Principal	19
Ficheiro de Texto.....	19
Informação Retirada do Ficheiro.....	20
Adicionar Job.....	20
Editar Um Job/Operação.....	21
Remover Um Job	21
Menu Das Operações	21
Solução de Escalonamento	22
Conclusão	23
Bibliografia	24
Links Uteis	24
Localização Doxygen	24
GitHub	24

Introdução

A elaboração deste documento, enquadra-se, como reflexão do trabalho desenvolvido para o do trabalho pratico, proposto nas aulas da unidade curricular de Estruturas de Dados Avançadas.

Este trabalho visa a por em pratica os conteúdos lecionados durante as aulas da unidade curricular, assim como compreender melhor o funcionamento e a manipulação deste tipo de estruturas de dados, sendo que este trabalho, será codificado através da linguagem de programação C.

O projeto apresenta também um desafio, que é criar uma solução de escalonamento, para um conjunto de maquinas e processos divididos em operações e tempos.

Nos seguintes capítulos, irei cimentar os objetivos para a o projeto, assim como também irei falar um pouco sobre o tipo de estrutura utilizada no desenvolvimento e mostrarei alguns dos resultados obtidos.

Objetivos

A essência deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma solução digital para um problema de escalonamento, também conhecido como Flexible Job Shop Problem (FJSSP).

A solução final devesse permitir gerar uma proposta de escalonamento para a produção de um produto, envolvendo várias operações e a utilização de várias máquinas, optando sempre por escolher o tempo mínimo para cada processo.

Fase 1

Nesta primeira fase do trabalho, foi necessário codificar uma estrutura de dados, que representa um trabalho com um conjunto de operações indefinido. Com essa estrutura, nesta fase inicial, foi necessário:

- Ler e Escrever a informação do trabalho num ficheiro de texto;
- Inserir uma nova operação;
- Remover uma operação;
- Alterar uma operação;
- Determinar a quantidade de tempo mínima e máxima que demora a executar todas as operações do trabalho;
- Determinar a quantidade média de tempo necessárias para completar uma operação, considerando todas as alternativas possíveis.

Fase 2

Assim como na primeira fase, foi necessário escolher uma estrutura de dados, para organizar as informações, e em seguida completar os seguintes objetivos.

- Ler e Escrever a informação do trabalho num ficheiro de texto;
- Inserir um novo job;
- Remover um Job;
- Inserir uma operação num Job;
- Editar as operações associadas a um job;
- Calcular uma proposta de escalonamento para um problema FJSSP e exportar para um ficheiro de texto o resultado.

Estruturas de Dados

O que são estruturas de dados ?

Estruturas de dados são um ramo da computação que estuda os diversos mecanismos de organização de dados para entender e aos diferentes requisitos de processamento. Este tipo de estruturas, definem a organização, métodos de acesso e opções de processamento para a informação a ser manipulada. Quem define a organização dos dados é o programador, de forma a obter sempre a melhor performance.

Alguns exemplos de estruturas de dados são, Listas, Árvores, Grafos e Tabelas Hash, nesta fase do trabalho apenas serão abordadas Listas.

Listas Ligadas

Para a execução desta fase, optei por usar listas ligadas, que são uma estrutura de dados linear e dinâmica, este tipo de estrutura, está ligado através de apontadores, ou seja o próprio nó possui dentro de si um apontador que aponta para a o próximo endereço de memória.

Isto faz com que os dados não necessitem de estar na memória de forma continua, e possibilita que alteremos a constituição da lista, adicionando ou removendo nós, pois esta é dinâmica. Sendo que a ultima posição da lista, o próximo nó será sempre nulo, o que dará fim a nossa lista.

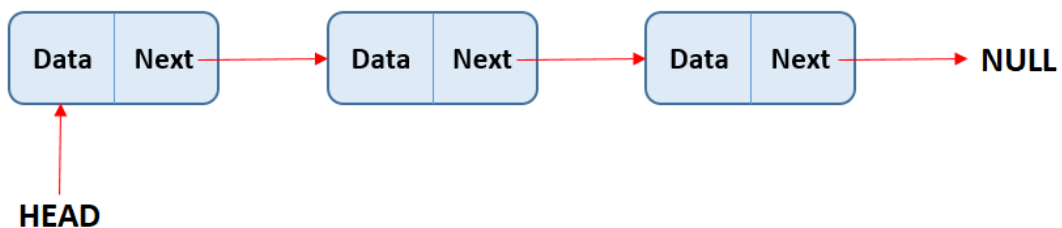


Ilustração 1 - Exemplo de Lista Ligada

Organização do Trabalho Para a Fase 1

Lista Ligada

Para facilitar a manipulação dos dados e a inserção de novos dados, optei por fazer a minha lista ligada, de forma crescente, ou seja, em vez de o primeiro no criado ser o meu final quando adiciono mais dado, o meu primeiro no será a cabeça da lista, em vez de os dados serem acrescentados a esquerda do no principal, eles vão ser adicionados a direita.

Estrutura “Processes”

A minha estrutura, consiste em uma estrutura dinâmica, que contem:

Duas variáveis, uma para guardar o numero do processo, outra para guardar o numero total de maquinas que estão disponíveis para realizar aquele processo.

Duas variáveis, que constituem dois arrays dinâmicos, um que contem todas as maquinas do processo, ordenadas de forma crescente e outro que contem os tempo, ordenados consoante a maquina. Estes arrays são criados através da função malloc quando o utilizador insere o numero total de maquinas, ou então quando carregamos os dados do ficheiro de texto.

Por ultimo tenho uma variável do tipo “processes” que consiste num apontador que vai apontar para o próximo processo ou para null no caso de não haver mais nenhum.

Ficheiro de Texto

De forma a ser mais acessível de retirar os dados todos do ficheiro de texto, o ficheiro foi organizado da seguinte forma.

Em primeiro lugar na primeira linha consta o numero de processos totais que existem naquele trabalho, em seguida temos todos os tempos referentes aquele trabalho, ou seja o tempo minino que demora a completar o trabalho, considerando sempre o tempo mínimo por processo, e o tempo máximo que segue o mesmo formato que o tempo mínimo. Quanto a media do tempo, que é o campo seguinte do ficheiro, consta a media total de todas as maquinas no trabalho.

Em seguida consta toda a informação relativa ao trabalho, separados por operações, por cada operação vamos ter o numero de maquinas totais para executar a operação, sem seguida o numero da operação e depois a/as maquinas que estão disponíveis e os seus tempos referentes logo de seguida.

De notar que todos estes dados estão no ficheiro sobre forma decimal, cada linha representa um dado. De forma a que depois a leitura seja mais acessível.

A organização pode ser vista no segmento resultados obtidos, deste documento.

Cálculos do tempo máximo, mínimo e media.

Tempo Máximo e Mínimo

Para o calculo do tempo máximo e mínimo, o processos é o seguinte. Começando na primeira operação, percorro todo o array de maquinas e tempos e vejo no caso do tempo máximo, qual dos tempos é o maior, guardo esse valor e prossigo até ao fim da lista, somando os valores que vou retirando como máximo. No fim da lista, a soma representa o tempo máximo que demora a executar o trabalho. Para o tempo mínimo o processo é o mesmo, mas em vez de guardar o valor máximo dos tempos, guardo o mínimo de cada processo

Tempo Medio

Em semelhança com o tempo máximo e mínimo, percorro toda a lista e vou somando todos os tempo que existem, referentes as dadas maquinas, ao mesmo tempo existe uma variável auxiliar que conta o numero de maquinas que existem, no final da lista, para calcular a media apenas divido a soma pelo numero total de maquinas e obtenho a media para aquele trabalho.

Remover Processo

Para remover um processo, basta ao utilizador colocar, dos processos disponíveis, o numero daquele que quer eliminar, apos o utilizador escolher, a função percorre a lista toda ate encontrar o processos escolhido, quando o processo é encontrado, a memoria dos arrays e libertada assim como o processo. Mas antes de libertar a memoria, existe uma reformulação da lista, que diz ao processo anterior que o próximo processo não sera o que queremos remover, mas sim o seguinte ao que queremos remover, desta forma mantemos a estrutura da lista na mesma.

Modificar Processo

Na modificação de um processo, são apresentada algumas opções, nomeadamente, se desejo adicionar ou remover alguma das maquinas, ou se pretendo mudar o numero da maquina ou até mesmo o tempo de execução.

Para a adição de uma nova maquina, começo por guardar todos os valores que contem nos arrays dos processos, para mais tarde os possa colocar de novo. Após retirar os valores, eu liberto a memoria que estava a ser alocada por esses arrays. Incremento o valor total de maquinas para o determinado processo e aloco novamente memoria para os arrays, mas desta vez com o novo tamanho.

Depois basta pedir ao utilizador qual é a nova maquina e o tempo de execução e povoar novamente os arrays.

Para remover uma maquina apenas basta seleccionar o processo e a maquina, depois o processo passa por guardar os dados dos arrays, desalocar memoria, decrementar o total de maquina e alocar novamente memoria para os arrays e no momento de povoar se o numero da maquina for igual aquele que queremos remover, essa posição do array é passada a frente, não a colocando nos dados da estrutura.

Na edição do numero da maquina, o utilizar basta selecionar a maquina desejada e o novo numero que essa maquina irá tomar, depois da atualização, as maquinas são organizadas de forma crescente.

Quanto á alteração do tempo de uma maquina o processos é semelhante ao anterior, o utilizador seleciona o processo e a maquina e depois introduz o novo valor de execução.

Resultados obtidos

Menu Principal

```
Select Option
1 --> Load Data
2 --> New Operation
3 --> Remove Operation
4 --> Modify Operation
5 --> Calculate Minimum Working Time
6 --> Calculate Maximum Working Time
7 --> Calculate Average Working Time
8 --> Save Data
9 --> Show Data
10 --> Quit Program
```

Ilustração 2 - Menu Principal

Ficheiro de Texto

Disposição dos dados no ficheiro de texto. Na seguinte imagem podemos ver como estão colocados os dados e com legendas para se poder perceber a forma da organização.

1	4	→	Total de Processos	Total de Processos e
2	17	→	Tempo Minimo	Tempos de Trabalho
3	25	→	Tempo Maximo	
4	5,18	→	Tempo Medio	
5	2	→	Total Maquinas Primeiro Processo	
6	1	→	Numero do Processo	
7	1	→	Maquina a Trabalhar	
8	4	→	Tempo da Maquina	
9	3	→	Outra Maquina	
10	5	→	Tempo de Trabalho	
11	2	→		
12	2			
13	2		Novo Processo	
14	4		Mesma Configuracao do Anterior	
15	4			
16	5	→		
17	2	→		
18	3		Novo Processo	

Ilustração 3 - Disposição dos Dados no Ficheiro

Informação Retirada do Ficheiro

Informação Retirada do Ficheiro, com recurso a função carregar dados, os seguintes dados correspondem a tabela exemplar, para o trabalho um.

```

Production Times
Maximum Time = 25
Minimum Time = 17
Average Time = 5.18
*****

Process Number 1
Machine - 1 --> Time--> 4
Machine - 3 --> Time--> 5
*****

Process Number 2
Machine - 2 --> Time--> 4
Machine - 4 --> Time--> 5
*****

Process Number 3
Machine - 3 --> Time--> 5
Machine - 5 --> Time--> 6
*****

Process Number 4
Machine - 4 --> Time--> 5
Machine - 5 --> Time--> 5
Machine - 6 --> Time--> 4
Machine - 7 --> Time--> 5
Machine - 8 --> Time--> 9
*****

```

Ilustração 4 - Amostra dos Dados

Adicionar Processo para Lista Vazia

Caso se pretenda colocar uma lista nova vazia, temo a função adicionar processo, que permite escolher o numero total de processos a adicionar, e então começo a povoar a lista com dados, como podemos ver na imagem, colocamos o numero do processo, o numero total de maquinas a utilizar no processos e depois basta preencher as maquina e os tempos de cada maquina, o programa não permite colocar mais do que oito maquinas e coloca sempre as maquinas por ordem crescente, caso o utilizador não o faça, o programa força o utilizador a tal, como podemos observar nas próximas imagens.

```
Number Of New Processes to Add 1
Please Insert Process Number!(Recomended 1) 1

Total Machines to do the Process [1-8]? 2

Select Machines Who Will Work, by Ascending Order![1-8] 1

Select Time of Work! 1

Select Machines Who Will Work, by Ascending Order![1-8] 2

Select Time of Work! 2
```

Ilustração 5 - Adição Normal de Processos

```
Please Insert Process Number!(Recomended 1) 1

Total Machines to do the Process [1-8]? 9
Please Insert a Valide Machine [1-8] 2

Select Machines Who Will Work, by Ascending Order![1-8] 2

Select Time of Work! 5

Select Machines Who Will Work, by Ascending Order![1-8] 1
Please Insert a Valide Machine [1-8] 2
Please Insert a Valide Machine [1-8] 3

Select Time of Work! 2
```

Ilustração 6 - Adição de Processos Quando não é Inserido por Ordem Crescente

Remover Processo

Para Remover um processo basta aceder através do menu ao remover processo e ira aparecer a seguinte mensagem que mostra todos os processos disponíveis para remover, após o utilizador introduzir o processo que deseja, esse processo será removido.

```
Available Processes
[1] [2] [3] [4]
Select Process To Remove 3
```

Ilustração 7 - Processo a Remover

```
Production Times
Maximum Time = 25
Minimum Time = 17
Average Time = 5.18
*****
Process Number 1
Machine - 1 --> Time--> 4
Machine - 3 --> Time--> 5
*****
Process Number 2
Machine - 2 --> Time--> 4
Machine - 4 --> Time--> 5
*****
Process Number 4
Machine - 4 --> Time--> 5
Machine - 5 --> Time--> 5
Machine - 6 --> Time--> 4
Machine - 7 --> Time--> 5
Machine - 8 --> Time--> 9
*****
```

Ilustração 8 - Amostra do Processo Removido

Modificar Processo

Para modificar um processo basta aceder através do menu ao modificar processo e ira aparecer um novo menu, que terá algumas opções de edição

```
1 --> Add Machine And Time
2 --> Remove Machine and Time
3 --> Edit Machine
4 --> Edit Time
9 --> Main Menu
```

Ilustração 9 - Menu de Edição de Operações

Adicionar Maquina

Primeiro escolher o processo a modificar, em seguida introduzir o numero de maquinas a adicionar, e por ultimo povoar com numero da maquina e o tempo de trabalho.

```
Available Processes
[1] [2] [3] [4]
Process To Modify 2

Total Number of New Machines
2
Insert New Machine Number
6
Insert New Time
8
Insert New Machine Number
7
Insert New Time
4
```

Ilustração 10 - Inserção de Novas Maquinas

```
Process Number 2
Machine - 2 --> Time--> 4
Machine - 4 --> Time--> 5
Machine - 6 --> Time--> 8
Machine - 7 --> Time--> 4
*****
```

Ilustração 11 - Amostra das Novas Maquinas

Remover Maquina

Primeiro passo escolher o processo para executar a operação, em seguida escolher das maquinas disponíveis, aquela que quer eliminar.

```
Available Processes
[1] [2] [3] [4]
Process To Modify 4

Available Machines
Machine -> 4    Machine -> 5    Machine -> 6    Machine -> 7    Machine -> 8
Machine to Remove 5
```

Ilustração 12 - Remoção de Maquinas

```
Process Number 4
Machine - 4 --> Time--> 5
Machine - 6 --> Time--> 4
Machine - 7 --> Time--> 5
Machine - 8 --> Time--> 9
*****
```

Ilustração 13 - Amostra da Maquina Removida

Editar Maquina

Escolher o processo, em seguida a maquina a modificar e por ultimo colocar o novo numero da maquina.

```
Available Processes
[1] [2] [3] [4]
Process To Modify 2

Machine -> 2    Machine -> 4
Select Machine 2
New Machine Number 7
```

Ilustração 14 - Modificação do Numero da Maquina

```
Process Number 2
Machine - 4 --> Time--> 4
Machine - 7 --> Time--> 5
*****
```

Ilustração 15 - Amostra da Alteração do Numero

Editar Tempo

Em primeiro lugar o utilizador deve escolher o processo, em seguida escolher, das maquinas disponíveis aquela que quer editar o tempo de trabalho, logo apos escolher a maquina, basta colocar o novo tempo desejado.

```
Available Processes
[1] [2] [3] [4]
Process To Modify 1

Available Machines
Machine -> 1    Machine -> 3
Machine to Modify 3

New Time 10
```

Ilustração 16 - Modificação do Tempo de Trabalho

```
Process Number 1
Machine - 1 --> Time--> 4
Machine - 3 --> Time--> 10
*****
```

Ilustração 17 - Amostra da Modificação do Tempo de Trabalho

Organização do Trabalho Para a Fase 2

Lista Ligada

Para poder reutilizar o código da fase um, optei por usar mais um lista ligada, onde essa lista ligada ira conter as variáveis necessárias para receber todas as informações relativas a cada job, e ira também conter uma variável do tipo processos, que será a lista ligada criada na fase 1.

Estrutura “jobs”

A minha estrutura, consiste em uma estrutura dinâmica, que contem:

Duas variáveis, uma para guardar o numero do job, outra para guardar o numero total de processos associados a esse job.

Depois existe uma variável do tipo processes, que ira conter as informações das maquinas e tempos para aquele job.

Por ultimo tenho uma variável do tipo “jobs” que consiste num apontador que vai apontar para o próximo processo ou para null no caso de não haver mais nenhum.

Ficheiros de Texto

O modelo utilizado para guardar e ler os dados do ficheiro foi igual ao utilizado na fase 1.

Quanto ao ficheiro de exportação do escalonamento, este é também um ficheiro de texto que esta criado de forma a ser semelhante a uma tabela, para que possa ser lido e interpretado facilmente por qualquer utilizador.

Remover Job

Para a remoção de um job, o processo de execução é o mesmo da remoção de operações, é pedido ao utilizador que insira o job a ser removido, e apos esse ser removida, os números dos jobs são atualizados, de forma a não haver quebras na continuidade decimal.

Editar Job/Operações

Na edição de operações, é questionado ao utilizador se deseja alterar o numero do job, caso seja verdade, o utilizador introduz o novo numero do job, e depois pode proceder para a modificação das operações, onde o método de operação é o mesmo que na fase 1.

Solução de Escalonamento

Para a solução de escalonamento, como é impossível chegar a uma proposta ideal, optei realizar a minha proposta de escalonamento da seguinte maneira. Começando pela operação numero 1, percorro todos os jobs, e vou escolhendo a maquina que demora menos tempo a completar a operação.

Colocando o numero do job e o numero da operação num array de 8 linhas que representa as maquinas e 200 colunas, que representa o tempo máximo que pode ter a solução de escalonamento. Nota que ao inicio, coloco todas as posições do array com o valor 0, através da função “memset”, apenas para questões de interpretação e exportação para o ficheiro.

Como existem operações , com maquinas iguais, o que decidi foi colocar esse processo em seguida ao ultimo. Para guardar o numero do job e da operação, recorrendo a matemática, multipliquei o job por 10 e somei a operação, para depois a colocar no ficheiro, poder dividir por 10, e o resultado dar-me o numero da operação e o resto, o numero da operação.

Existiria a possibilidade de comprar as maquinas e ver se se podia optar por outra maquina, que era o pensamento inicial, onde de forma a entender o problema, criei um documento em exel para perceber como é que seria a solução apenas para dois jobs, para poder compreender como havia de escolher as maquinas etc.

Process Plan	Operation							
	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	0 6	0 7	
pf _{1,2}	(1,3) [4,5]	(2,4) [4,5]	(3,5) [5,6]	(4,5,6,7,8) [5,5,4,5,9]				
pf _{2,2}	(1,3,5) [1,5,7]	(4,8) [5,4]	(4,6) [1,6]	(4,7,8) [4,4,7]	(4,6) [1,2]	(1,6,8) [5,6,4]	(4) [4]	
pf _{3,2}	(2,3,8) [7,6,8]	(4,8) [7,7]	(3,5,7) [7,8,7]	(4,6) [7,8]	(1,2) [1,4]			
pf _{4,2}	(1,3,5) [4,3,7]	(2,8) [4,4]	(3,4,6,7) [1,5,6,7]	(5,6,8) [3,5,5]				
pf _{5,1}	(1) [3]	(2,4) [4,5]	(3,8) [4,4]	(5,6,8) [3,3,3]	(4,6) [5,4]			
pf _{6,2}	(1,2,3) [3,5,6]	(4,5) [7,8]	(3,6) [9,8]					
pf _{7,2}	(3,5,6) [4,5,4]	(4,7,8) [4,6,4]	(1,3,4,5) [3,3,4,5]	(4,6,8) [4,6,5]	(1,3) [3,3]			
pf _{8,1}	(1,2,6) [3,4,4]	(4,5,8) [6,5,4]	(3,7) [4,5]	(4,6) [4,6]	(7,8) [1,2]			

Ilustração 18 - Breve Explicação de como executei a solução de escalonamento

Resultados obtidos

Menu Principal

```

1 --> Upload Data From File
2 --> Add New Jobs
3 --> Edit Jobs
4 --> Remove Job
5 --> Operations Menu
6 --> Escalation Solution
7 --> Show All Data
8 --> Save All Data/Export Table
9 --> Exit Program

```

Ilustração 19 - Menu Principal

Ficheiro de Texto

Disposição dos dados no ficheiro de texto. Na seguinte imagem podemos ver como estão colocados os dados e com legendas para se poder perceber a forma da organização.

```

1      8  ==> Total de Jobs
2      1  ==> Primeiro Job
3      4  ==> Total de Processos Associados
4      1  ==> Numero da Operação
5      2  ==> Total de Maquinas para Realizar a Operação
6      1  ==> Numero da Maquina
7      4  ==> Tempo de Execução
8      3  ==> Numero da Proxima Maquina
9      5  ==> Tempo de Execução
10     2  ==> Nova Operação
11     2
12     2
13     4
34     2  ==> Novo Job
35     7  ==> Total de Processos Associados
36     1  ==> Repetição da estrutura anterior
37     3
38     1
39     1
40     3
41     5
42     5

```

Ilustração 20 - Disposição dos dados no ficheiro

Informação Retirada do Ficheiro

Informação Retirada do Ficheiro, com recurso a função carregar dados, os seguintes dados correspondem a tabela exemplar, para o trabalho um.

```

Job Number [1]
*****
      Process Number 1
Machine --> 1 - Time--> 4
Machine --> 3 - Time--> 5
*****
*****
      Process Number 2
Machine --> 2 - Time--> 4
Machine --> 4 - Time--> 5
*****
*****
      Process Number 3
Machine --> 3 - Time--> 5
Machine --> 5 - Time--> 6
*****
*****
      Process Number 4
Machine --> 4 - Time--> 5
Machine --> 5 - Time--> 5
Machine --> 6 - Time--> 4
Machine --> 7 - Time--> 5
Machine --> 8 - Time--> 9
*****

```

Ilustração 21 - Informação retirada do ficheiro de texto

Adicionar Job

Para adicionar um job novo, apenas basta introduzir o novo numero do job, depois se o utilizador quiser povoar o job, terá de aceder ao menu das operações para adicionar as operações desejadas.

```

Number Of New Jobs to Add 3
Please Input Job Number(Recomended [1])! 1

Please Input Job Number(Recomended [2])! 2

Please Input Job Number(Recomended [3])! 3

```

Ilustração 22 - Processo para adicionar um Job

Editar Um Job/Operação

Quando queremos editar um job ou operação, basta seleccionar no menu, a opção modificar, e depois caso queira mudar o numero do job, pressiona “Y”, e poderá alterar o numero do job, caso não pretenda mudar o numero do job, basta seleccionar “n”, e vai diretamente para o menu de modificar as operações, que funciona da mesma maneira que a fase 1.

```
Select Job To Modify
[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8]
2

Modify Job Number?[y/n]
y
New Job Number
9
1 --> Add Machine And Time
2 --> Remove Machine and Time
3 --> Edit Machine
4 --> Edit Time
9 --> Main Menu
```

Ilustração 23 - Processo para editar um Job

Remover Um Job

Na remoção de um job, apenas é solicitado ao utilizador, para colocar o numero do job que pretende remover, e esse job será apagado.

Menu Das Operações

Caso o utilizador pretenda fazer alterações em geral nas operações pode aceder ao menu 5, que o redireciona para outro menu onde tem todas as tarefas que pode fazer com as operações, adicionar, remover, eliminar etc.

```
Select The Job To Acess The Operations! [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8]
1
Select Option
1 --> Load Data
2 --> New Operation
3 --> Remove Operation
4 --> Modify Operation
5 --> Calculate Minimum Working Time
6 --> Calculate Maximum Working Time
7 --> Calculate Average Working Time
8 --> Save Data
9 --> Show Data
10 --> Main Menu
```

Ilustração 24 -Processo de edição de um job e ou operações

Solução de Escalonamento

Na solução de escalonamento, apenas basta aceder ao menu de gerar a proposta, e ela irá aparecer automaticamente no ficheiro de texto.

A proposta apresenta o numero do job e a operação e o tempo que ela demora a ser executada, o tempo pode ser consultado nas colunas, e o numero das maquinas nas linhas.

No total a melhor proposta funcional para todos os jobs e processos foi cerca de 80 intervalos de tempo, sendo que este tempo podia ser corrigido, se em vez de começar o próximo job no fim da ultima operação do anterior, comesasse quando a outra operação acaba.

	T[1]	T[2]	T[3]	T[4]	T[5]	T[6]	T[7]	T[8]	T[9]	T[10]	T[11]	T[12]	T[13]	T[14]	T[15]	T[16]	T[17]	T[18]
Maquina [1]	J1 01	J1 01	J1 01	J1 01	J2 01	J5 01	J5 01	J5 01	J6 01	J6 01	J6 01	J8 01	J8 01	J8 01	----	----	----	----
Maquina [2]	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	J1 02	J1 02	J1 02	J1 02
Maquina [3]	J3 01	J3 01	J3 01	J3 01	J3 01	J3 01	J4 01	J4 01	J4 01	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Maquina [4]	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	J6 02	J6 02	J6 02	J6 02
Maquina [5]	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Maquina [6]	J7 01	J7 01	J7 01	J7 01	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Maquina [7]	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Maquina [8]	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	J2 02	J2 02	J2 02	J2 02
Total Time = 79 Minutes																		

Ilustração 25 - Solução de Escalonamento Resultados 1

T[19]	T[20]	T[21]	T[22]	T[23]	T[24]	T[25]	T[26]	T[27]	T[28]	T[29]	T[30]	T[31]	T[32]	T[33]	T[34]	T[35]
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	J7 03	J7 03	J7 03	----	----	----
J4 02	J4 02	J4 02	J4 02	J5 02	J5 02	J5 02	J5 02	----	----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	J1 03	J1 03	J1 03	J1 03	J1 03	J3 03
J6 02	J6 02	J6 02	J7 02	J7 02	J7 02	J7 02	----	----	----	----	J2 03	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	J6 03	J6 03	J6 03	J6 03	J6 03	J6 03
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
J3 02	J3 02	J3 02	J3 02	J3 02	J3 02	J3 02	J8 02	J8 02	J8 02	J8 02	----	----	----	----	----	----

Ilustração 26 - Solução de Escalonamento Resultados 2

Conclusão

O trabalho prático foi bastante enriquecedor, visto que nos possibilitou colocar em prática os conhecimentos obtidos ao longo da cadeira de Estruturas de Dados Avançadas, assim como desenvolver mais capacidades de programação em linguagem C.

Permitiu entender melhor o funcionamento deste tipo de estruturas de dados, e pude compreender melhor o funcionamento das mesmas e como se manipulam.

Na fase inicial, foram encontradas algumas dificuldades na parte de adicionar elementos a nossa lista, pois não estava a compreender como é que os dados estavam a ser organizados dentro da lista, ou seja a ordenação das operações.

Uma das maiores dificuldades foi manipular os ficheiros de texto, nomeadamente a leitura dos dados, pois é um dos temas onde sinto mais dificuldades, daí a leitura possibilitar alguns erros depois na execução do programa.

Outra dificuldade foi a solução de escalonamento na segunda fase, pois é complicado tentar conciliar todas as variantes que temos de ter em atenção para gerar a melhor solução possível.

De modo geral, penso que todos os objetivos foram cumpridos.

Bibliografia

Professor João Carlos Silva – Exemplos codificados em aula – consultado em 10-03-2022

Professor João Carlos Silva – Documentação disponibilizada na plataforma moodle – consultado em 10-03-2022

Professor João Carlos Silva – Enunciado Primeiro Trabalho Pratico EDA – consultado em 10-03-2022

ColdeVault – Linked Lists -- utilizado em 17-03-2022

Kyle_Loudon -- Mastering_Algorithms_with_C_3rd_Edition_1999_OReilly_Media_-_libgen.lc_1 – consultado em 15-03-2022

Links Uteis

Localização Doxygen

“file:///C:/Users/”userName”/Desktop/Trabalho_Pratico_Estruturas/Codigo/Fase2/html/index.html”

GitHub

“https://github.com/Tiag0Carvalh0/Trabalho_Pratico_Estruturas”