DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

Relatório ALGAV

Grupo 46
José Mota (1161263)
Pedro Real (1170689)
João Flores (1171409)
Patrick Timas (1171352)

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

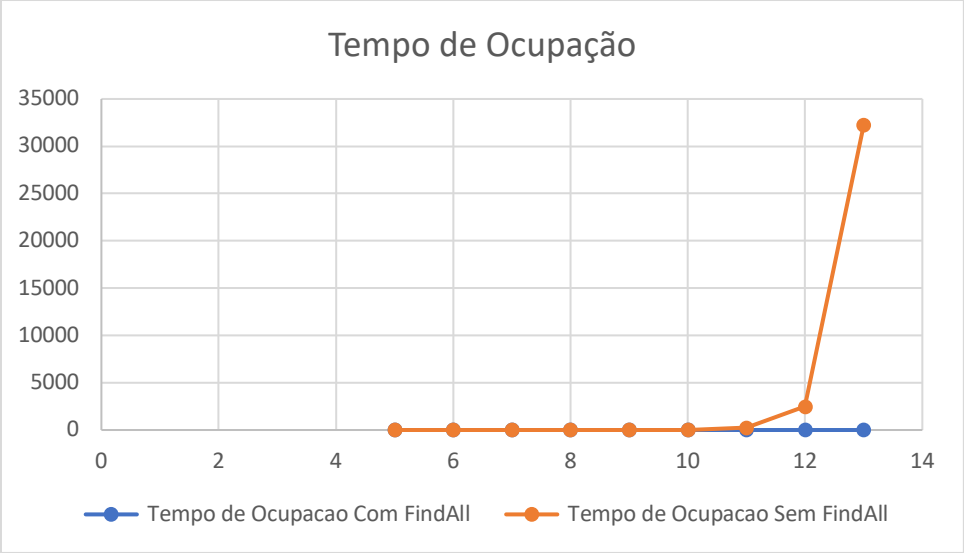
1. Introdução incluindo identificação dos objetivos atingidos no sprint1.

Para esta iteração, foi-nos lançada a proposta de obter a melhor sequência de operações tendo como critérios o menor tempo de ocupação e o menor somatório de tempos de atraso. Assim sendo, para este trabalho tivemos que criar duas heurísticas, uma para os tempos de ocupação das operações e outro para o tempo de atraso das mesmas. Foram adaptados quatro predicados que geram todas as soluções de sequenciamentos, sendo dois predicados para o critério do tempo de ocupação, um usando findall e outro não usando, e sendo os outros dois predicados para o somatório de tempos de atraso, um com findall e outro sem findall, sendo que estes aplicavam e utilizam as heurísticas criadas previamente. Por fim, foi pedido para criarmos o predicao A*, um para cada heurística.

2. Análise da complexidade na abordagem da Geração de Todas as Soluções e escolha da melhor para o problema de escalonamento/sequenciamento de n operações numa máquina segundo os critérios de minimização do tempo de ocupação da máquina e minimização do somatório dos tempos de atraso das operações. Incluir tabelas e/ou gráficos.

Tempo de Ocupação

Numero Operacoes	Tempo de Ocupacao Com FindAll	Tempo de Ocupacao Sem FindAll
5	0.0021398067474365	0.000920057296752
6	0.009619951248168945	0.011480093002
7	0.059319972991943	0.04891991615
8	0.5003600120544434	0.39574003219
9	4.9656801223754	3.88128018379
10	stack limit	41.746780157
11	stack limit	254,46906
12	stack limit	2470,905238
13	stack limit	32230,28975



Tempo Atraso

Numero Operacoes	Tempo de Atraso Com FindAll	Tempo de Atraso Sem FindAll
5	0.0027201175689697266	0.002439975738525
6	0.014120101928710938	0.0024399757385256
7	0.07252001762390137	0.0675599575042
8	0.6466999053955078	0.552779912948
9	6.4278199672698975	5.431979894
10	stack limit	59.53699994
11	stack limit	254,46906
12	stack limit	2988,525452
13	stack limit	38619,35306

Analisando as tabelas e os gráficos resultantes, podemos concluir que a utilização do predicado sem findAll nem sempre é a solução mais eficiente, ou seja, a que demora menos tempo. No entanto, quando o número de operações aumenta, o tempo também aumenta. Todavia existem problemas de maior escala a quando da utilização do método findAll, sendo que o predicado não suporta o número de operações, dando erro stack limit.

3. Heurísticas para escalonamento/sequenciamento de n operações numa máquina segundo os critérios de minimização do tempo de ocupação da máquina e minimização do somatório dos tempos de atraso das operações. Explicar código desenvolvido para implementar as heurísticas.

```
%%parametros:
%           - M:maquina
%           -L lista Operações da maquina
%           -T lista resultatante

ocupacao(M,L,T):-
    get_time(Ti),
    ordenaOperacoesPorFerramenta(M,L),
    tempoOcupacao(semfer,L,T),
    get_time(Tf), Tcomp is Tf-Ti,
    write('Gerado em '), write(Tcomp),
    write(' segundos'),nl.

% Cria pares Ferramenta-Operacao
parOperacaoFerramenta(OP,FE-OP):-op_prod_client(OP,_,FE,_,_,_,_,_).
% Cria uma lista de operacoes ordenada alfabeticamente pelas ferramentas das operações
% M- Maquina
% LO- lista de operaceos da maquina
% SLK- lista ordenada pelas keys
% S- lista resultante ordenada
% PL- lista de pares operacoes ferramentas
ordenaOperacoesPorFerramenta(M,S):- operacoes_atrib_maq(M,LO), maplist(parOperacaoFerramenta,LO,PL), keysort(PL,SLK), pairs_values(SLK,S).
% Calcula tempo de ocupação de uma lista de operações
% F- ferramenta
% Lista no segundo parametro: lista que contem as operações ordenandas pela ferramenta
% T- variavel que irá conter o somatório do tempo de ocupação das operações
tempoOcupacao(_,[],0).
tempoOcupacao(F,[H|L],T):- op_prod_client(H,_,F1,_,_,_,_,Tset,Texec), tempoOcupacao(F1,L,T1),
                           ((F1==F,!,T is Texec+T1);T is Tset+Texec+T1).
```

Neste predicado, começamos por ordenar as operações por ferramentas. Primeiramente vamos obter todas as operações da máquina passada por parâmetro. Queremos ordenar as operações por ferramentas , assim criamos um par Ferramenta-Operação e passamos para um maplist todos esses pairs. É feita uma ordenação desse maplist pela key(ferramenta) e por fim passamos os values(operações) para uma nova lista. Com a lista já ordenada, vamos calcular o tempo de ocupação de cada uma. Vamos buscar o tempo de Setup e o tempo de execução de cada operação dessa mesma lista já ordenada, vamos comparar: caso a operação seguinte tenha a mesma ferramenta somamos apenas o tempo de execução da operação, caso contrário somamos também o tempo de Setup. A o tempo de ocupação da primeira operação da lista será obrigatoriamente composta por tempo de Setup mais o tempo de execução. A variável T irá conter a soma desses tempos.

```
% 1.2-Dado uma máquina retorna uma lista de operações e a soma dos tempos de atraso
atraso(M,L,T):-
    get_time(Ti),
    ordenaOperacoesPorPrazo(M,L),
    reverse(L,S),
    tempoAtraso(semfer,S,_,T),
    get_time(Tf), Tcomp is Tf-Ti,
    write('Gerado em '), write(Tcomp),
    write(' segundos'),nl.

% Cria pares Prazo-Operacao
parPrazoOperacao(O,P-O):-op_prod_client(O,_,_,_,_,_,P,_,_).
% Cria uma lista de operacoes ordenada, ascendente, pelos prazos
% M-maquina
% S- lista contendo as operações ordenadas pelo prazo
% Y- lista ordenada pelas keys
% L- lista de operaceos da maquina
% X- lista de pares operacoes prazo
ordenaOperacoesPorPrazo(M,S):- operacoes_atrib_maq(M,L), maplist(parPrazoOperacao,L,X), keysort(X,Y), pairs_values(Y,S).
% Calcula soma dos tempos de atraso de uma lista de operações
% % F- ferramenta
% Lista no segundo parametro: lista que contem as operações ordenandas pelo prazo
% T- variavel que irá conter o somatório do tempo de atraso das operações
% Tocupacao- variavel que guarsa o tempo de ocupação
% Tatraso- variavel que guarsa o tempo de atrasp
tempoAtraso(_,[],T,_,Tatraso):- T is Tatraso,!.
tempoAtraso(F,[O|L],T,Tocupacao,Tatraso):- op_prod_client(O,_,F1,_,_,_,Prazo,Tset,Texec),
                          ((F==F1,!,Tol is Tocupacao + Texec);Tol is Tocupacao+Texec+Tset),
                          ((Tol<Prazo,!,Tal is Tatraso);Tal is Tol-Prazo+Tatraso),
                          tempoAtraso(F1,L,T,Tol,Tal).
```

Neste predicado, começamos por ordenar as operações por Prazos. Primeiramente vamos obter todas as operações da máquina passada por parâmetro. Queremos ordenar as operações por prazo , assim criamos um par Prazo-Operação e passamos para um maplist todos esses pairs. É feita uma ordenação desse maplist pela key(prazo)x e por fim passamos os values(operações) para uma nova lista. Com a lista já ordenada, vamos calcular o tempo de atraso de cada uma. Vamos buscar o prazo, o tempo de Setup e o tempo de execução de cada operação dessa mesma lista já ordenada, vamos comparar: caso a operação seguinte tenha o mesmo prazo, somamos apenas o tempo de ocupação e tempo de execução da operação, se for menor, somamos também o tempo de Setup, caso contrario vamos ao tempo de ocupação e subtraímos a soma do prazo com o atraso. A variável T irá conter a soma desses tempos de atraso.

4. Aplicação do método A* no escalonamento/sequenciamento de n operações numa máquina segundo os critérios de minimização do tempo de ocupação da máquina e minimização do somatório dos tempos de atraso das operações. Explicar alterações face ao exemplo do A* fornecido nas aulas TP e como quantifica os custos acumulados e as estimativas

4.1. A * para o tempo de Ocupação

```
%---------------------------------------------- A STAR ----------------------------------------------------
estimativa(LOp,Estimativa):-
    findall(p(FOp,Tsetup),
    (member(Op,LOp),op_prod_client(Op,_,FOp,_,_,_,Tsetup,_)),
    LFTsetup),
    elimina_repetidos(LFTsetup,L),
    soma_setups(L,Estimativa).

elimina_repetidos([],[]).
elimina_repetidos([X|L],L1):-member(X,L),!,elimina_repetidos(L,L1).
elimina_repetidos([X|L],[X|L1]):-elimina_repetidos(L,L1).
soma_setups([],0).
soma_setups([p(_,Tsetup)|L],Ttotal):- soma_setups(L,T1), Ttotal is Tsetup+T1.

%A*
%Tempo ocupacao


aStarTC(Maq,CamRev,Cust):-operacoes_atrib_maq(Maq,LFaltam),    %Vai buscar as operações da maquina e adiciona a lista LFaltam
                        aStarTC2([(_,0,[],LFaltam)],CamRev,Cust).  %O 1º argumento da lista é o custo acumulado(custo total + estimativa),custo total,Caminho e as operações que faltam...



aStarTC2([(_,_,CaminhoReverter,[])|_],CamRev,_):-reverse(CaminhoReverter,CamRev). %

aStarTC2([(_,CustoAtual,LFeito,LFaltam)|Outros],Cam,Custo):-
           findall((CEX,CaX,[HFeito|LFeito],LOpe), %Conforme a lista verifica as operacoes para onde pode ir
            (
            LFaltam\==[],
            apagal(HFeito,LFaltam,LOpe),

            obterTemposPorOperacao(HFeito,M,F,Ts),
            (   (verificarFerramenta(M,F,LFeito),!,CX is 0);CX is Ts), %CX corresponde ao tempo de set up conforme as operacoes
            CaX is CX + CustoAtual,
            estimativa(LOpe,EstX),
            CEX is CaX + EstX),
        Novos),
        append(Outros,Novos,Todos),
        sort(Todos,TodosOrd),
        aStarTC2(TodosOrd,Cam,Custo).

obterTemposPorOperacao(Op1,M,F,Ts):-
    classif_operacoes(Op1,Opt1), %obtem o tipo de operacao conforme a operacao
    operacao_maquina(Opt1,M,F,Ts,_). % obtem e retorna nas variaveis Ts maquina e ferramenta


verificarFerramenta(M,F,[Op2|ROperacoes]):-
    obterTemposPorOperacao(Op2,_,F,_). % verifica se a ferramenta F e igual a ferramenta da Op2

val(M1,M2,Ts,C):-
    ((M1==M2), C is 0; C is Ts).
%FerramentasNaoRepetidas(_,_,[],[]).
%FerramentasNaoRepetidas(Fe,[Op|OpFaltam],ListaFinal):-(   classif_operacoes(Op,Opt1),
%   operacao_maquina(Opt1,_,Fe,_,_),!,FerramentasNaoRepetidas(Fe,OpFaltam,ListaFinal));false).
%FerramentasNaoRepetidas(Fe,[Op|OpFaltam],ListaFinal):-FerramentasNaoRepetidas(Fe,OpFaltam,ListaFinal).
```

O predicado apresentado acima foi alterado conforme o problema apresentado, dado que o exemplo apresentado nas aulas TP era inserido para problemas com nós e o a solução que pretendemos alcançar é para sequencias.

No exemplo apresentado nota-se que temos um inicio e um fim, mas para o nosso problema a solução consiste em fazer todas as operações necessarias, logo começamos por alterar os argumentos de nós para lista, uma lista contendo todos as operações necessarias e outra que vai as opercações realizadas conforme a melhor custo tendo em conta estimativas e custos. O criterio de paragem, tendo em conta as listas, ira ser cumprido quando a lista com as operacões inicias estiver vazia, a lista que começou vazia vai contem o caminho determinado.

Dado a nova implementação guardamos as opercações num lista conforme o resultado e a estimativa, a cada escolha volta a realizar os calculos com o custo atual, custo correspondente até ao da operação onde se encontra, e a estimativa do tempo de setup.

Esta estimativa é realizada tendo em conta a operação foi adicionada a lista na iteração anterior, o algoritmo faz verificações e modificações para garantir que as listas continuam como são necesarias, tendo como procura no metodo "obterTemposPorOperacao" obtem a ferramenta e tempo de setup, verifica se a ferramenta é igual a proxima ferramenta na lista, se for o tempo de setup ira ser 0, senão vai ser o obtido acima.

1.2. A * para o tempo de Atraso

```
%-------------------------------------------------------A Star Somatorio

aStarS(Maq,CamRev,Cust):-operacoes_atrib_maq(Maq,LFaltam),    %Vai buscar as operações da maquina e adiciona a lista LFaltam
                         aStarS2([(_,0,[],LFaltam)],CamRev,Cust).  %O 1º argumento da lista é o custo acumulado(custo total + estimativa),custo total,Caminho e as operações que faltam...


aStarS2([(_,_,CaminhoReverter,[])|_],CamRev,_):-reverse(CaminhoReverter,CamRev).

aStarS2([(_,CustoAtual,LFeito,LFaltam)|Outros],Cam,Custo):-
           findall((CEX,CaX,[HFeito|LFeito],LOpe), %Conforme a lista verifica as operacoes para onde pode ir
            (
            LFaltam\==[],
            apagal(HFeito,LFaltam,LOpe),

            obterTemposPorOperacao(HFeito,M,F,Ts,Te),
            op_prod_client(HFeito,M,F,_,_,_,To,_,_),
            (   (verificarFerramenta(M,F,LFeito),!,CX is Te);CX is Ts+Te), %CX corresponde ao tempo de set execucao ou + tempo setup caso sejam difernetes conforme as operacoes
            setExeParaList(LFeito,CSE,F),
            Atr is To-CSE,

            CaX is Atr + CustoAtual,

            estimativaS(LOpe,EstX,CustoAtual),
            CEX is CaX + EstX),
        Novos),
        append(Outros,Novos,Todos),
        sort(Todos,TodosOrd),
        aStarS2(TodosOrd,Cam,Custo).

estimativaS(LOp,Estimativa,CustoAtual):-
    findall(p(Op,Atraso),
    (member(Op,LOp),op_prod_client(Op,M,F,_,_,_,To,Ts,Te),
    ((verificarFerramenta(M,F,LOp),!,CX is Te);CX is Ts+Te),
    Aux2 is CustoAtual + CX,
    Atraso is Aux2 - To ),
    LFTsetup),
    soma_atrasos(LFTsetup,Estimativa).

soma_atrasos([],0).
soma_atrasos([p(_,Atraso)|L],Ttotal):- soma_atrasos(L,T1), Ttotal is Atraso+T1.

setExeParaList([],0,F).
setExeParaList([Op1|LFeito],CSE,F):-
        op_prod_client(Op1,M,F1,_,_,_,_,Ts,Te),
        ((F==F1,!,CEst is Te);CEst is Ts+Te),
        setExeParaList(LFeito, Custo1,F1),
        CSE is Custo1 + CEst.
```

A funcionamento deste algoritmo é igual ao A* acima apresentado, o que difere é o uso da heuristica de EDD- "EarlyDueDate" onde fazemos a diferença entre o tempo de ocupação e tempo Cx, correspondente ao tempo de setup e de ocupação ou tempo de ocupação conforme a maquina e ferramenta utilizada entre operações seguidas, a soma dos tempo é realizada com auxilio do "verificarFerramenta".
Neste algoritmo a parte da estimativa é calculada de modo um pouco diferente, a parte disso o resto da implementação é praticamente igual.

1. Conclusões relativas ao Sprint 1

Nesta iteração, concluímos que em termos de minimização do tempo de ocupação, a melhor solução é o uso da heurística, uma vez que se obtém o melhor resultado possível da maneira mais rápida e eficiente. Se pretendermos obter a solução através do cálculo de todas as soluções possíveis, então é mais adequado será o uso do predicado sem findall, dado ser mais eficiente em termos de tempo que com findall e que suporte um maior número de operações. Para além disso, para o somatório dos tempos de atraso, concluímos que através da heurística não é garantido a melhor solução possível e, que, para obter a melhor solução possível é necessário o uso de um predicado que calcule todas as soluções, sendo, neste caso, preferível o uso do predicado sem findall visto ser mais rápido e que suporte um maior número de operações em relação ao predicado que usa findall. Em suma, o trabalho foi realizado todo com sucesso, apesar de algumas dificuldades

na implementação dos A*,mas com algum esforço e múltiplas tentativas, conseguimos executar todas as tarefas propostas.