

MODELAÇÃO E DESEMPENHO DE REDES E SERVIÇOS

Mini-Projeto 1

Universidade de Aveiro

Bruno Silva (97931) brunosilva16@ua.pt
Marta Oliveira (97613) marta.alex@ua.pt



VERSAO 1

MODELAÇÃO E DESEMPENHO DE REDES E SERVIÇOS

DETI

Universidade de Aveiro

Bruno Silva (97931) brunosilva16@ua.pt
Marta Oliveira (97613) marta.alex@ua.pt

8 de novembro de 2022

Índice

1	Introdução	1
2	Tarefa 1	2
3	Tarefa 2	8
4	Tarefa 3	18

Lista de Figuras

2.1	ex1a: Média do atraso dos pacotes	4
2.2	ex1a: Média dos pacotes perdidos	4
2.3	ex1b: Média do atraso dos pacotes	5
2.4	ex1b: Média dos pacotes perdidos	5
2.5	Ex1c: Valores teóricos	7
3.1	ex2a: Média do atraso dos pacotes de dados	12
3.2	ex2a: Média do atraso dos pacotes de VoIp	12
3.3	ex2a: Média dos pacotes perdidos de dados	13
3.4	ex2a: Média dos pacotes perdidos de VoIp	13
3.5	ex2b: Média do atraso dos pacotes de dados	14
3.6	ex2b: Média do atraso dos pacotes de VoIp	14
3.7	ex2b: Média dos pacotes perdidos de dados	15
3.8	ex2b: Média dos pacotes perdidos de VoIp	15
3.9	ex2c: Valores teóricos	16
4.1	ex3a: Média do atraso pacotes Dados	19
4.2	ex3a: Média do atraso pacotes VoIP	19
4.3	ex3a: Média Pacotes Perdidos Dados	20
4.4	ex3a: Média Pacotes Perdidos VoIP	21
4.5	ex3b:Média do atraso pacotes Dados	22
4.6	ex3b:Média do atraso pacotes VoIP	22
4.7	ex3b: Média Pacotes Perdidos Dados	23
4.8	ex3b: Média Pacotes Perdidos VoIP	24
4.9	ex3c: Média do atraso pacotes Dados	25
4.10	ex3c: Média do atraso pacotes VoIP	26
4.11	ex3c:Média Pacotes Perdidos Dados	27
4.12	ex3c: Média Pacotes Perdidos VoIP	27
4.13	ex3d: Média do atraso pacotes Dados	29
4.14	ex3d: Média do atraso pacotes VoIP	29
4.15	ex3d: Média Pacotes Perdidos Dados	30
4.16	ex3d: Média Pacotes Perdidos VoIP	31

Capítulo 1

Introdução

No âmbito da cadeira Modelação e Desempenho de Redes e Serviços foi nos pedido um relatório que pretende descrever todas as conclusões retiradas durante a resolução deste mini projeto. Este relatório vai ser dividido em 3 capitulos de acordo com as tarefas que nos foram pedidas.

Capítulo 2

Tarefa 1

O simulador 1 é um simulador de eventos discretos para verificar o desempenho de uma ligação IP ponto a ponto entre um router de uma empresa e o seu ISP (Fornecedor de Serviços de Internet).

O simulador recebe de parâmetros a capacidade da ligação, a taxa de chegada de pacotes e o número total de pacotes transmitidos. No fim da simulação, vamos ter parâmetros de saída como a percentagem de pacotes perdidos, o atraso médio dos pacotes e a capacidade de transferência de dados que nos permitem caracterizar e discutir o comportamento da ligação.

Tarefa 1 alínea a

Código

De seguida, está o excerto do código que realizamos para esta alínea.

```
1  % lambda - packet rate (packets/sec)
2  % C      - link bandwidth (Mbps)
3  % f      - queue size (Bytes)
4  % P      - number of packets (stopping criterium)
5  % b      - BER (Bit Error Rate)
6
7  lambda = [1500, 1600, 1700, 1800, 1900];
8  C = 10;
9  f = 10^6;
10 P = 100000;
11 b = 10^-6;
12 N = 20;
13
14 AvgPL= zeros(1,length(lambda));
15 PLError= zeros(1,length(lambda));
```

```

16 AvgPD= zeros(1,length(lambda));
17 APDerror= zeros(1,length(lambda));
18
19 for i = 1:length(lambda)
20     PL = zeros(1,N);
21     APD = zeros(1,N);
22     MPD = zeros(1,N);
23     TT = zeros(1,N);
24
25     for it = 1:N
26         [PL(it), APD(it), MPD(it), TT(it)] = Simulator2(lambda(i),C,f,P,b);
27     end
28
29     alfa = 0.1; %90% confidence interval
30     AvgPL(i) = mean(PL);
31     PLError(i) = norminv(1-alfa/2)*sqrt(var(PL)/N);
32
33     AvgPD(i) = mean(APD);
34     APDerror(i) = norminv(1-alfa/2)*sqrt(var(APD)/N);
35 end
36
37 %%
38 figure(1)
39 bar(lambda,AvgPL)
40 hold on
41 er = errorbar(lambda,AvgPL,PLError);
42 er.Color = [0 0 0];
43 er.LineStyle = 'none';
44 xlabel('lambda (pps)');
45 ylabel('Average Packet Loss (%)');
46 title('Average Packet Loss Results');
47 ylim([0 0.53])
48 hold off
49
50 figure(2)
51 bar(lambda,AvgPD)
52 hold on
53 er = errorbar(lambda,AvgPD,APDerror);
54 er.Color = [0 0 0];
55 er.LineStyle = 'none';
56 xlabel('lambda (pps)');
57 ylabel('Average Packet Delay (ms)');
58 title('Average Packet Delay Results');
59 hold off

```


Conclusões

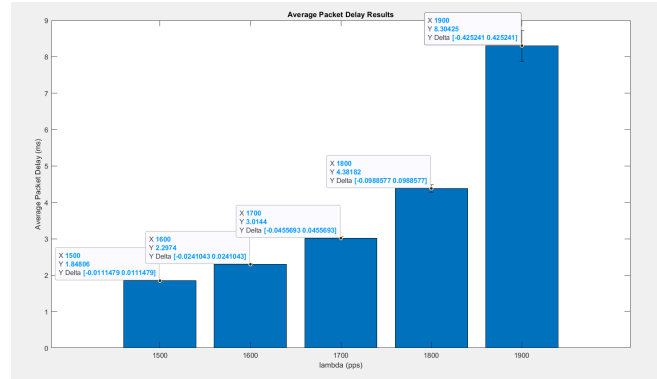


Figura 2.1: ex1a: Média do atraso dos pacotes

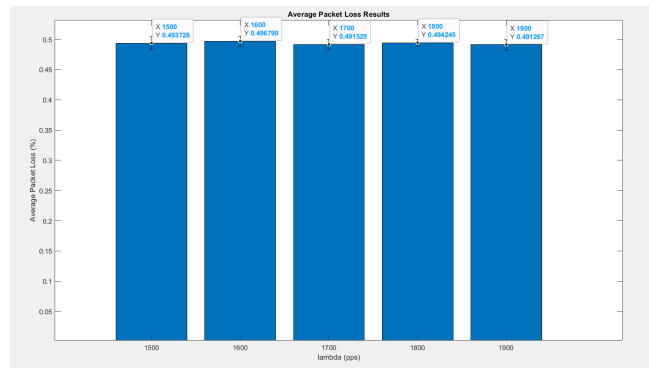


Figura 2.2: ex1a: Média dos pacotes perdidos

Como podemos observar pela figura 2.1, e pelos dados nos fornecidos é de esperar que para uma capacidade do link e queue fixas à medida que a taxa de pacotes por segundo aumenta o atraso dos pacotes seja maior.

Para este simulador, também é possível concluir que como a *queue* tem um valor bastante elevado (1.000.000 Bytes) independentemente do valor do número de pacotes que chega por segundo (1500,1600, 1700, 1800 e 1900 pps) ele nunca vai atingir o valor máximo que a fila consegue "guardar".

Se a fila fosse mais pequena seria esperado que com o aumento de lambda o número de pacotes perdidos também aumentasse. Mas tal como dito anteriormente o tamanho da fila é bastante elevado o que leva a que a

percentagem de pacotes perdidos apenas se deva à existência de um *bit error rate* (que é constante para todos os valores de λ).

Tarefa 1 alínea b

O script utilizado foi o mesmo da alínea anterior apenas alterando o valor do parâmetro b .

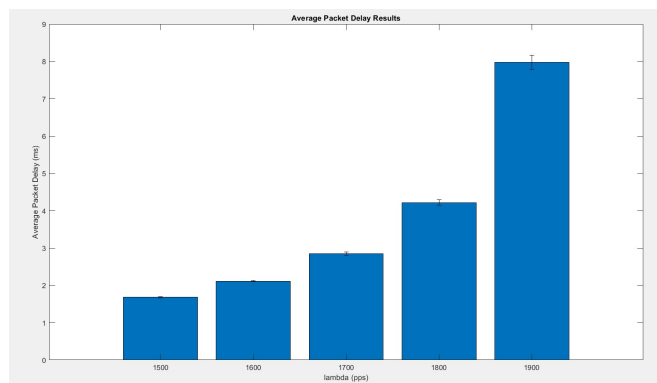


Figura 2.3: ex1b: Média do atraso dos pacotes

Podemos observar que, relativamente à alínea anterior, os resultados referentes ao atraso dos pacotes são bastante semelhantes. Apesar da taxa de erro ter sido aumentada esta não vai provocar alterações no atraso dos pacotes pois as restantes características do link, como a queue e a sua capacidade mantiveram-se iguais.

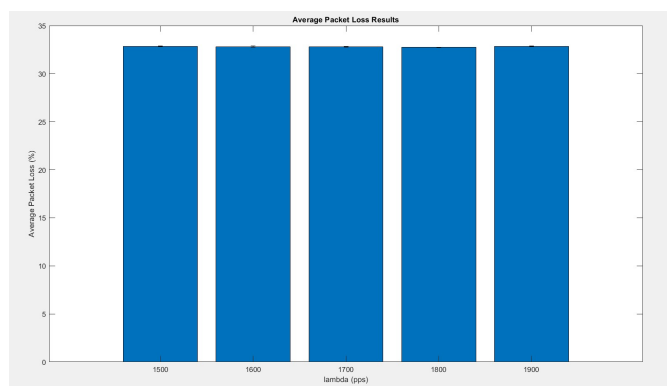


Figura 2.4: ex1b: Média dos pacotes perdidos

No entanto, a percentagem de pacotes perdidos aumentou pois a taxa de erro aumentou de 10^{-6} para 10^{-4} (2.1). Sabe-se que, quando um pacote atinge o router da empresa com pelo menos um erro, o pacote é descartado e daí os valores da percentagem de pacotes perdidos serem maiores.

Tarefa 1 alínea c

```

1  packet_size = (64:1518);
2  P1 = zeros(1,length(packet_size));
3  P2 = zeros(1,length(packet_size));
4  b1 = 10^(-6); %bit error rate
5  b2 = 10^(-4);
6  numeroelementos=(109-65+1)+(1517-111+1); %retirar elementos que não têm equiprobabilidade
7  probabilidade_elementos= (1-(0.19+0.23+0.17))/numeroelementos; %probabilidade dos elementos
8
9  for i = 1: length(packet_size)
10     if packet_size(i) == 64
11         P1(i)= (1-((1-b1).^(packet_size(i)*8))).*0.19;
12         P2(i)=(1-((1-b2).^(packet_size(i)*8))).*0.19;
13     elseif packet_size(i) == 110
14         P1(i)= (1-((1-b1).^(packet_size(i)*8))).*0.23;
15         P2(i)=(1-((1-b2).^(packet_size(i)*8))).*0.23;
16     elseif packet_size(i) == 1518
17         P1(i)= (1-((1-b1).^(packet_size(i)*8))).*0.17;
18         P2(i)=(1-((1-b2).^(packet_size(i)*8))).*0.17;
19
20     else
21         P1(i)= (1-((1-b1).^(packet_size(i)*8))).*probabilidade_elementos;
22         P2(i)=(1-((1-b2).^(packet_size(i)*8))).*probabilidade_elementos;
23     end
24 end
25 fprintf('Average Packet Loss (ber = 10^(-6)): %.2e\n',sum(P1)*100);
26 fprintf('Average Packet Loss (ber = 10^(-4)): %.2e\n',sum(P2)*100);
27

```

Na figura abaixo (2.5) temos os resultados obtidos através da implementação anteriormente apresentada. Como podemos observar, os resultados teóricos são bastante próximos aos resultados obtidos por simulação.

```
>> ex1c
Average Packet Loss (ber: 10−6): 4.94e−01
Average Packet Loss (ber: 10−4): 3.28e+01
```

Figura 2.5: Ex1c: Valores teóricos

Capítulo 3

Tarefa 2

Nesta tarefa, ao contrário do simulador 1 usado na tarefa 1, o link além do fluxo de dados suporta também n fluxos de pacotes VoIP (Voice over IP).

Para isso criamos um simulador 3A em que o link introduz uma taxa de erro dado por b .

Cada fluxo VoIP gera pacotes com tamanho uniformemente distribuído entre 110 Bytes e 130 Bytes, e o tempo entre chegadas de pacotes é uniformemente distribuído entre 16 milissegundos e 24 milissegundos.

Tarefa 2 alínea a

De seguida, mostramos o excerto do código do simulador 3A que difere do simulador 3 desenvolvido durante as aulas.

```
case DEPARTURE                                % If first event is a DEPARTURE
    prob_no_errors = (1-b)^(PacketSize*8);
    if Type == DATA      % Data packet
        if rand() < prob_no_errors
            TRANSMITTEDBYTES_D= TRANSMITTEDBYTES_D + PacketSize;
            DELAYS_D= DELAYS_D + (Clock - ArrivalInstant);
            if Clock - ArrivalInstant > MAXDELAY_D
                MAXDELAY_D= Clock - ArrivalInstant;
            end
            TRANSMITTEDPACKETS_D= TRANSMITTEDPACKETS_D + 1;
        else
            LOSTPACKETS_D= LOSTPACKETS_D + 1;
        end
    else % VoIP packet
```

```

        if rand() < prob_no_errors
            TRANSMITTEDBYTES_V= TRANSMITTEDBYTES_V + PacketSize;
            DELAYS_V= DELAYS_V + (Clock - ArrivalInstant);
            if Clock - ArrivalInstant > MAXDELAY_V
                MAXDELAY_V= Clock - ArrivalInstant;
            end
            TRANSMITTEDPACKETS_V= TRANSMITTEDPACKETS_V + 1;
        else
            LOSTPACKETS_V= LOSTPACKETS_V + 1;
        end
    end

    if QUEUEOCCUPATION > 0
        EventList = [EventList; DEPARTURE, Clock + 8*QUEUE(1,1)/(C*10^6),
            QUEUE(1,1), QUEUE(1,2), QUEUE(1,3)];
        QUEUEOCCUPATION= QUEUEOCCUPATION - QUEUE(1,1);
        QUEUE(1,:)= [];
    else
        STATE= 0;
    end
end
end

```

De seguida apresentamos o script para correr a simulação:

```

% lambda - packet rate (packets/sec)
% C      - link bandwidth (Mbps)
% f      - queue size (Bytes)
% P      - number of packets (stopping criterium)
% b      - BER (Bit Error Rate)
% n      - number of voip packet flows

lambda = 1500;
C =10;
f =10^6;
P =100000;
n = [10, 20, 30, 40];
b = 10^-5;
N = 20;

AvgPL_D= zeros(1,length(n));
PLerror_D= zeros(1,length(n));
AvgPD_D= zeros(1,length(n));
APDerror_D= zeros(1,length(n));
AvgPL_V= zeros(1,length(n));
PLerror_V= zeros(1,length(n));

```

```

AvgPD_V= zeros(1,length(n));
APDerror_V= zeros(1,length(n));

for i = 1:length(n)
    PLdata = zeros(1,N);
    PLvoip = zeros(1,N);
    APDdata = zeros(1,N);
    APDvoip = zeros(1,N);

    for it = 1:N
        [PLdata(it), APDdata(it), ~, PLvoip(it), APDvoip(it), ~, ~] =
            Simulator3A(lambda,C,f,P,n(i),b);
    end

    alfa = 0.1; %90% confidence interval
    AvgPL_D(i) = mean(PLdata);
    PLerror_D(i) = norminv(1-alfa/2)*sqrt(var(PLdata)/N);

    AvgPD_D(i) = mean(APDdata);
    APDerror_D(i) = norminv(1-alfa/2)*sqrt(var(APDdata)/N);

    AvgPL_V(i) = mean(PLvoip);
    PLerror_V(i) = norminv(1-alfa/2)*sqrt(var(PLvoip)/N);

    AvgPD_V(i) = mean(APDvoip);
    APDerror_V(i) = norminv(1-alfa/2)*sqrt(var(APDvoip)/N);
end
%%
figure(1)
bar(n,AvgPL_D)
hold on
er = errorbar(n,AvgPL_D,PLerror_D);
er.Color = [0 0 0];
er.LineStyle = 'none';
xlabel('n (VoIP flows)');
ylabel('Average Data Packet Loss (%)');
title('Average Data Packet Loss Results');
ylim([0 0.53])
hold off

figure(2)
bar(n,AvgPD_D)
hold on
er = errorbar(n,AvgPD_D,APDerror_D);
er.Color = [0 0 0];
er.LineStyle = 'none';

```

```

xlabel('n (VoIP flows)');
ylabel('Average Data Packet Delay (ms)');
title('Average Data Packet Delay Results');
hold off

figure(3)
bar(n,AvgPL_V)
hold on
er = errorbar(n,AvgPL_V,PLerror_V);
er.Color = [0 0 0];
er.LineStyle = 'none';
xlabel('n (VoIP flows)');
ylabel('Average VoIP Packet Loss (%)');
title('Average VoIP Packet Loss Results');
%ylim([0 0.53])
hold off

figure(4)
bar(n,AvgPD_V)
hold on
er = errorbar(n,AvgPD_V,APDerror_V);
er.Color = [0 0 0];
er.LineStyle = 'none';
xlabel('n (VoIP flows)');
ylabel('Average VoIP Packet Delay (ms)');
title('Average VoIP Packet Delay Results');
hold off

```

Após uma observação dos resultados obtidos através desta simulação, iremos fazer uma análise dos mesmos.

Atraso dos pacotes

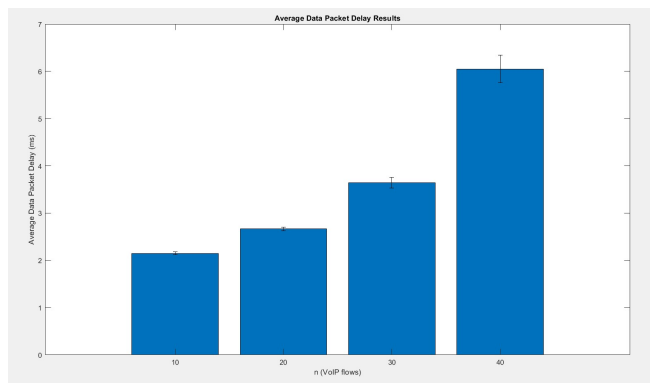


Figura 3.1: ex2a: Média do atraso dos pacotes de dados

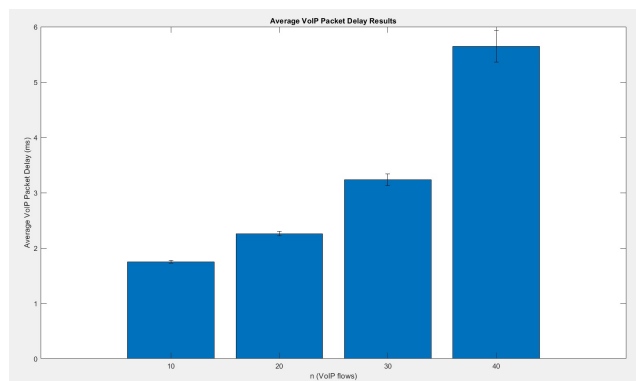


Figura 3.2: ex2a: Média do atraso dos pacotes de VoIP

Em ambos os tipos de pacotes observa-se um aumento do atraso à medida que os fluxos VoIP aumentam. Isto justifica-se pelo facto de existir um maior tráfego no link o que faz com que os pacotes demorem mais a ser transmitidos.

Além disso, como se sabe, os pacotes de dados têm entre 65 e 1517 bytes e os pacotes de VoIP só variam entre 110 e 130 e daí observa-se um maior atraso nos pacotes de dados do que em VoIP.

Perda de pacotes

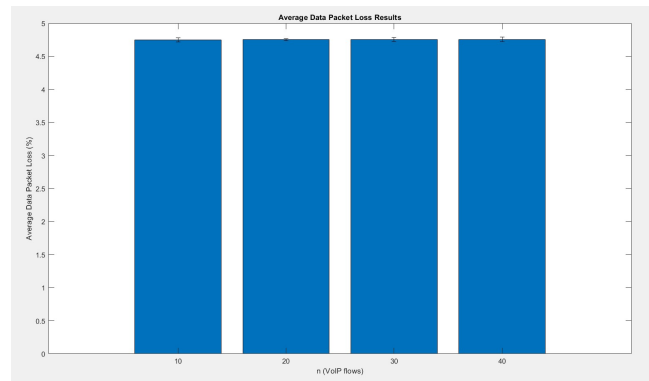


Figura 3.3: ex2a: Média dos pacotes perdidos de dados

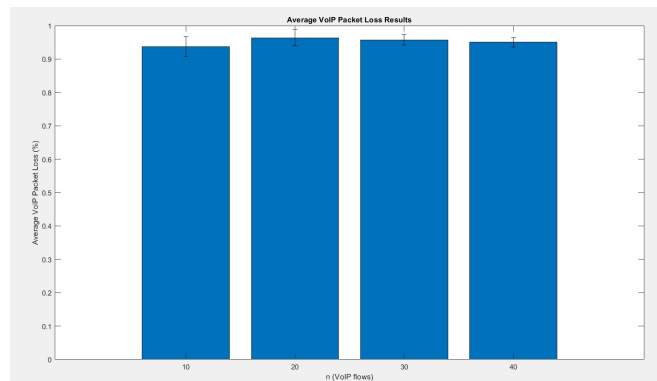


Figura 3.4: ex2a: Média dos pacotes perdidos de VoIp

Tendo em conta a diferença do tamanho dos pacotes de dados e VoIP referida anteriormente, conseguimos justificar que a percentagem de perda de pacotes para dados seja consideravelmente maior do que em VoIP. O tamanho dos pacotes influencia a percentagem de pacotes perdidos pois quanto maior for o pacote maior a probabilidade do mesmo conter erros o que por sua vez levará também a uma maior probabilidade deste ser perdido (isto para um valor igual de ber para ambos os tipos de pacotes).

Além disso, o aumento de flows não faz com que haja uma maior perda de pacotes e daí os valores manterem-se constantes. Como a taxa de erro, b , manteve-se igual a percentagem de erro por pacote também se vai manter (em termos percentuais).

Tarefa 2 alínea b

Para esta alínea, usamos o mesmo script da alínea anterior apenas foi alterado o valor de f como foi pedido.

Atraso dos pacotes

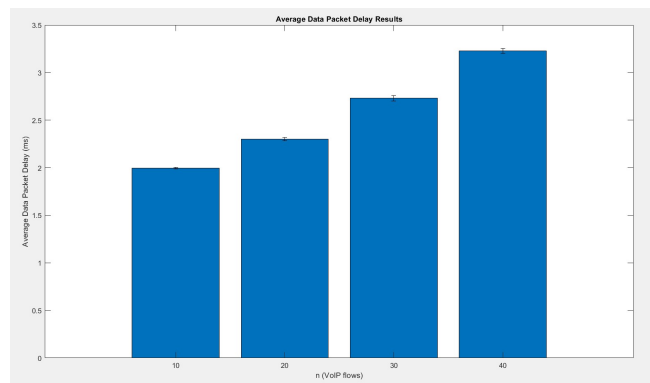


Figura 3.5: ex2b: Média do atraso dos pacotes de dados

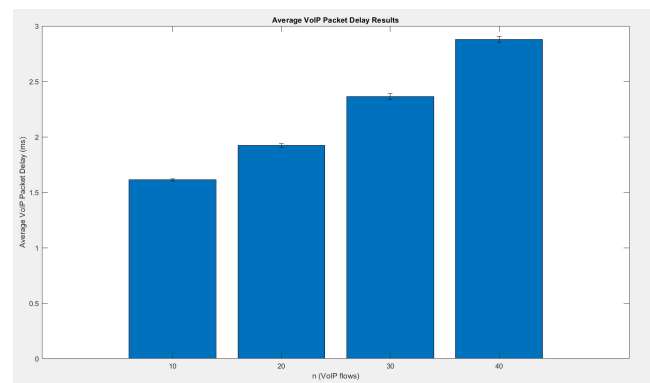


Figura 3.6: ex2b: Média do atraso dos pacotes de VoIp

Comparativamente à alínea anterior, verificou-se uma diminuição no atraso dos pacotes (tanto em dados como em VoIP). Isto verifica-se pois o tamanho da

fila diminuiu e os pacotes que "entram" nela irão demorar menos tempo a serem processados.

Pacotes perdidos

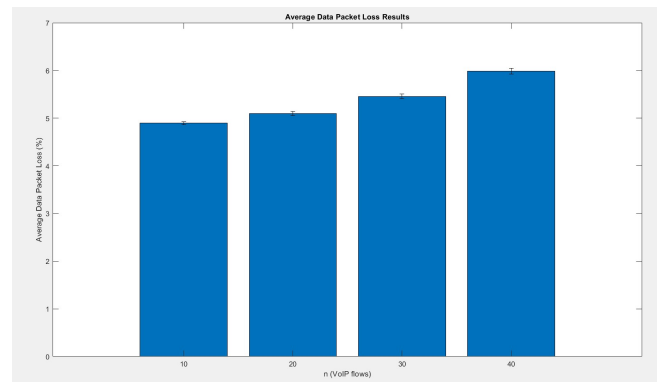


Figura 3.7: ex2b: Média dos pacotes perdidos de dados

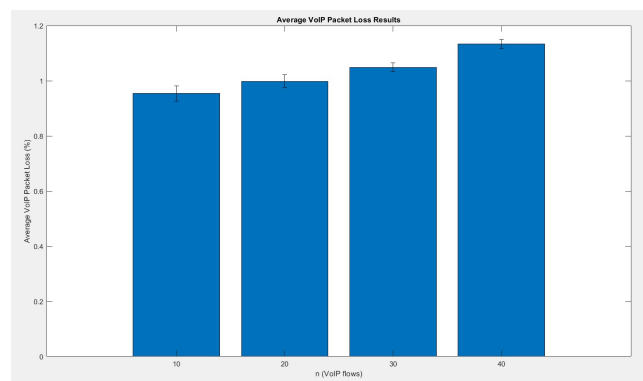


Figura 3.8: ex2b: Média dos pacotes perdidos de VoIp

No entanto, para os pacotes perdidos existe um aumento comparativamente à alínea anterior. À medida que os flows vão aumentando o número de pacotes perdidos também aumenta pois como a fila diminuiu o número de pacotes que poderão ser "guardados"/aceites será menor isto leva a que haja uma maior perda de pacotes.

Tarefa 2 alínea C

```
1 packet_size = (64:1518);
2 VoIP_size = (109:130);
3 P = zeros(1,length(packet_size));
4 P_VoIP = zeros(1,length(packet_size));
5 b = 10^(-5);
6 numeroelementos=(109-65+1)+(1517-111+1);
7 probabilidade_elementos= (1-(0.19+0.23+0.17))/numeroelementos;
8 for i = 1: length(packet_size)
9     if packet_size(i) == 64
10         P(i) = (1 - ((1-b).^(packet_size(i)*8)))*0.19;
11     elseif packet_size(i) == 110
12         P(i) = (1 - ((1-b).^(packet_size(i)*8)))*0.23;
13     elseif packet_size(i) == 1518
14         P(i) = (1 - ((1-b).^(packet_size(i)*8)))*0.17;
15     else
16         P(i) = (1 - ((1-b).^(packet_size(i)*8)))*probabilidade_elementos;
17     end
18 end
19
20 for i = 1:length(VoIP_size)
21     P_VoIP(i) = (1 - ((1-b).^(packet_size(i)*8)))*((1/length(VoIP_size)));
22 end
23
24 fprintf('Average Data Packet Loss (ber = 10^(-5)): %.2e\n',sum(P)*100);
25 fprintf('Average VoIP Packet Loss (ber = 10^(-5)): %.2e\n',sum(P_VoIP)*100);
```

Na figura abaixo, estão os resultados dos valores teóricos cálculos no código apresentado anteriormente.

```
>> ex2c
Average Packet Loss in Data (ber: 10^(-5)): 4.74e+00
Average Packet Loss in VoiP (ber: 10^(-5)): 5.94e-01
```

Figura 3.9: ex2c: Valores teóricos

Podemos verificar que comparando com os resultados obtidos na alínea a, os resultados teóricos para os pacotes de dados são bastantes semelhantes aos da simulação tendo em conta que o intervalo de confiança é de 90%.

No entanto, para os pacotes de VoIP os resultados teóricos não estão próximos dos resultados da simulação. Após alguma reflexão não foi encontrada nenhuma justificção para esta divergência.

Para a alínea b, os resultados já diferem um pouco dos resultados teóricos porque a percentagem de perda de pacotes foi também induzida pelo tamanho reduzido na fila e não só através da taxa de erro (como é feito na análise teórica).

Capítulo 4

Tarefa 3

Nesta tarefa vamos usar o simulador 3 e o 4 desenvolvidos durante as aulas. O simulador 3 é uma alteração do simulador 1 usado na tarefa 1 adicionando o parâmetro n dos fluxos adicionais dos pacotes VoIP.

O Simulador4 deriva do Simulador3 sendo que a alteração introduzida fez com que os pacotes VoIP tenham prioridade em relação aos pacotes de dados.

Aqui vamos considerar que os pacotes de todos os fluxos (dados e VoIP) são tratados numa única fila servido com uma disciplina FIFO.

Os scripts utilizados para testar as simulações nestas próximas alíneas são semelhantes aos mostrados anteriormente.

Tarefa 3 alinea a

Usámos o simulador 3, em que o comportamento da fila é uma FIFO para os processos VoIP e dados.

Atraso Pacotes

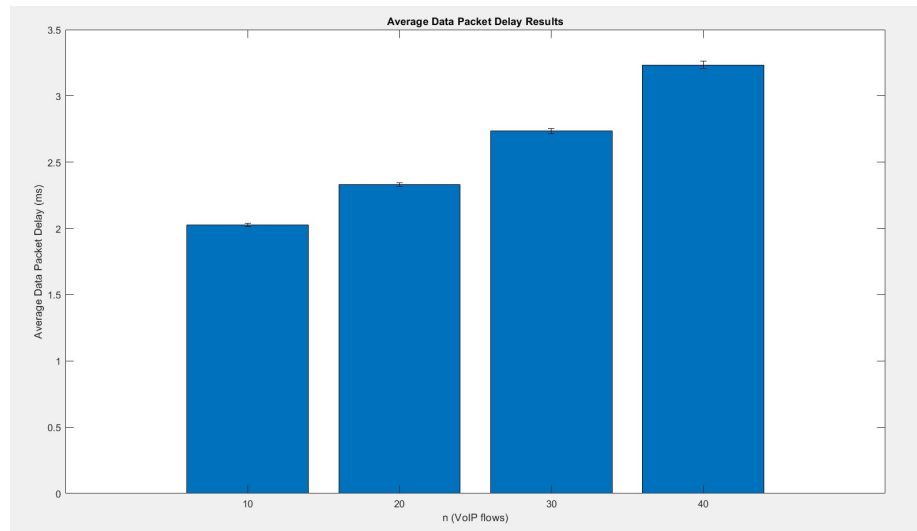


Figura 4.1: ex3a: Média do atraso pacotes Dados

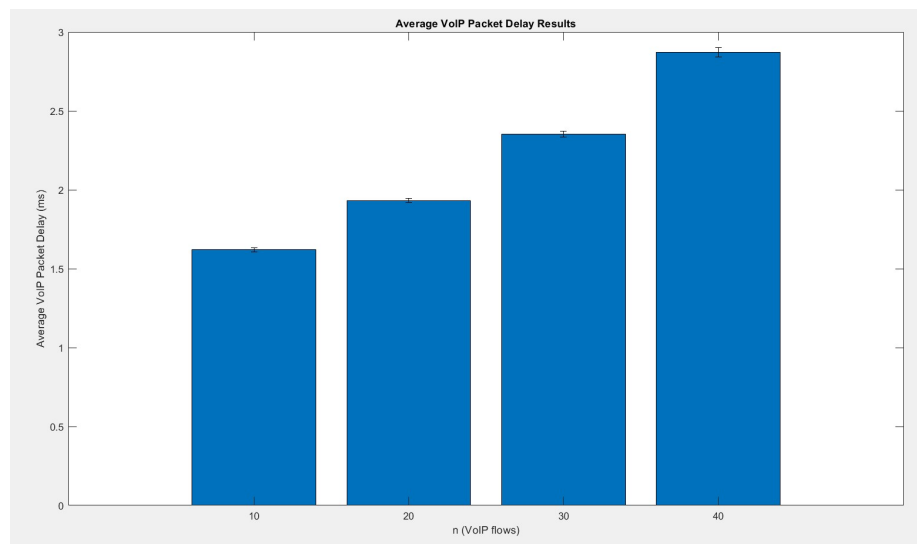


Figura 4.2: ex3a: Média do atraso pacotes VoIP

Em ambos os tipos de pacotes observa-se um aumento do atraso à medida que os fluxos VoIP aumentam. Isto justifica-se pelo facto de existir um maior tráfego no link o que faz com que os pacotes demorem mais a ser transmitidos.

Além disso, como já mencionado, os pacotes de dados são maiores que pacotes de VoIP e daí observa-se um maior atraso nos pacotes de dados.

Perda Pacotes

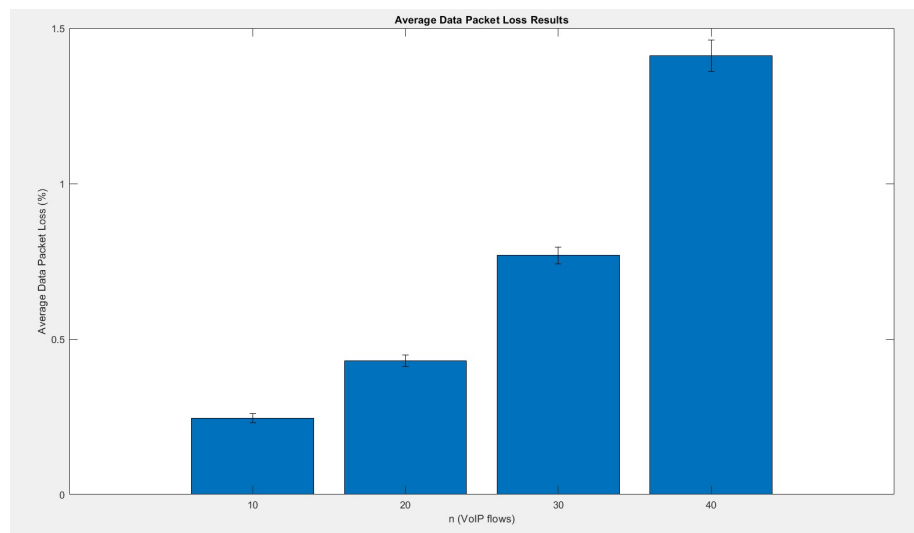


Figura 4.3: ex3a: Média Pacotes Perdidos Dados

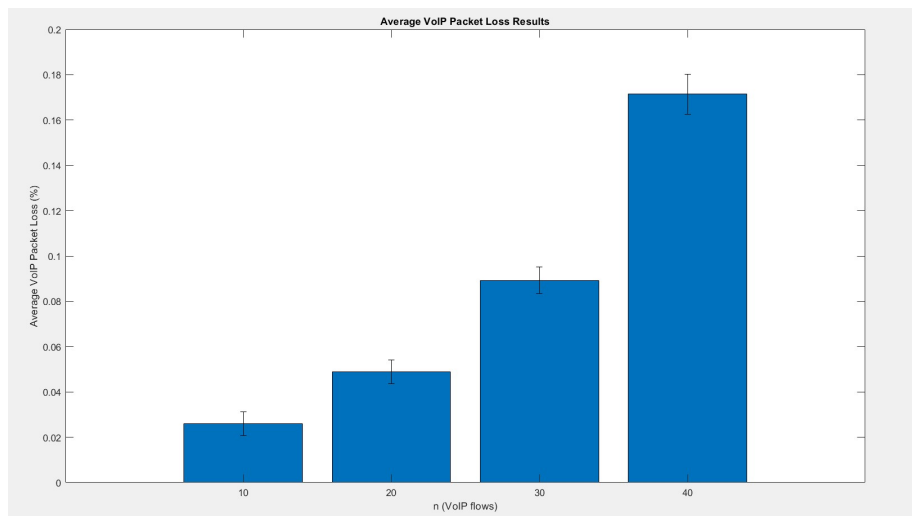


Figura 4.4: ex3a: Média Pacotes Perdidos VoIP

Pode verificar-se que existe uma aumento geral de perda de pacotes (com o aumento de fluxos VoIP). Este é mais considerável nos pacotes de dados pois como já foi dito anteriormente, a gama dos tamanhos dos pacotes podem ir até 1517 bytes (VoIP são entre 110 a 130) o que faz com que a probabilidade dos pacotes não "cabem" na fila seja maior.

Tarefa 3 alínea b

Usámos o Simulador 4 onde os serviços VoIP têm maior prioridade.

Atraso Pacotes

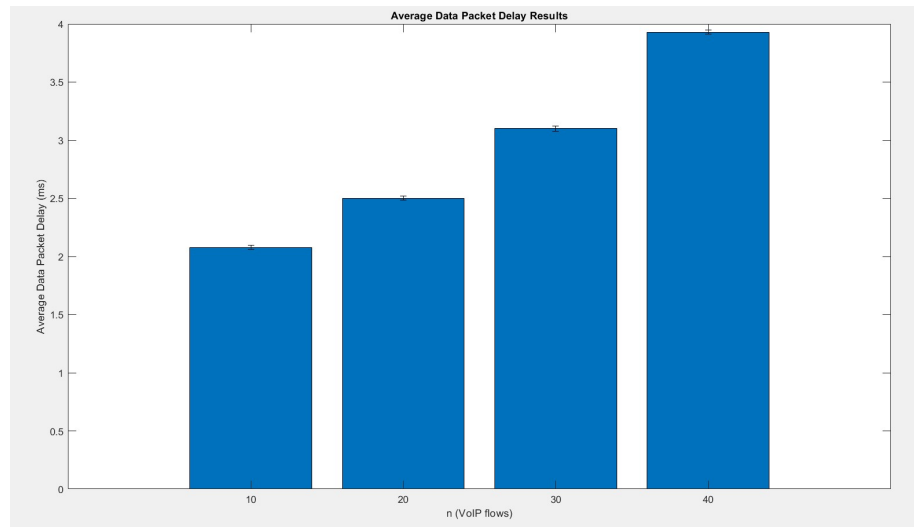


Figura 4.5: ex3b:Média do atraso pacotes Dados

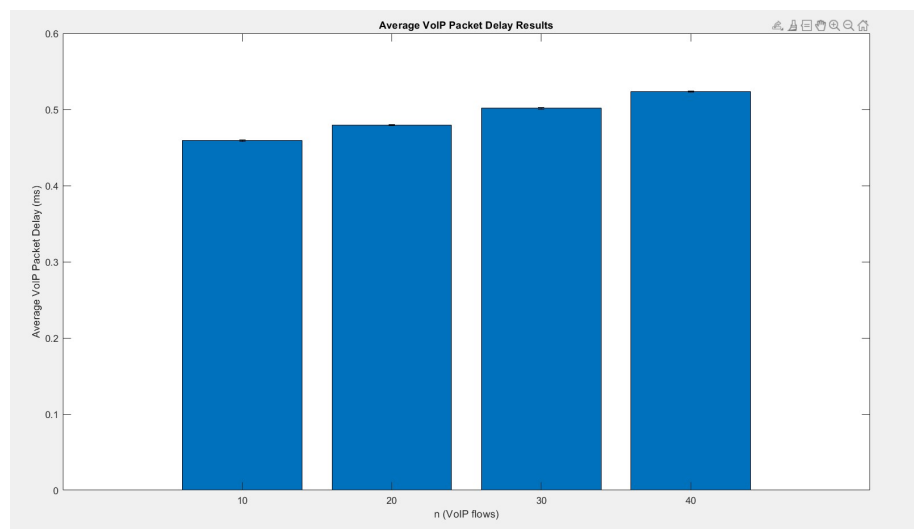


Figura 4.6: ex3b:Média do atraso pacotes VoIP

Como seria de esperar, o atraso dos pacotes VoIP diminui de forma expressiva dado que passaram a ter prioridade em relação aos dados.

O atraso dos pacotes de dados aumentou, mas não de forma tão acentuada como os de VoIP diminuíram, isto poderá ser justificado pelo facto de existirem mais *flows* de VoIP do que de dados.

Perda Pacotes

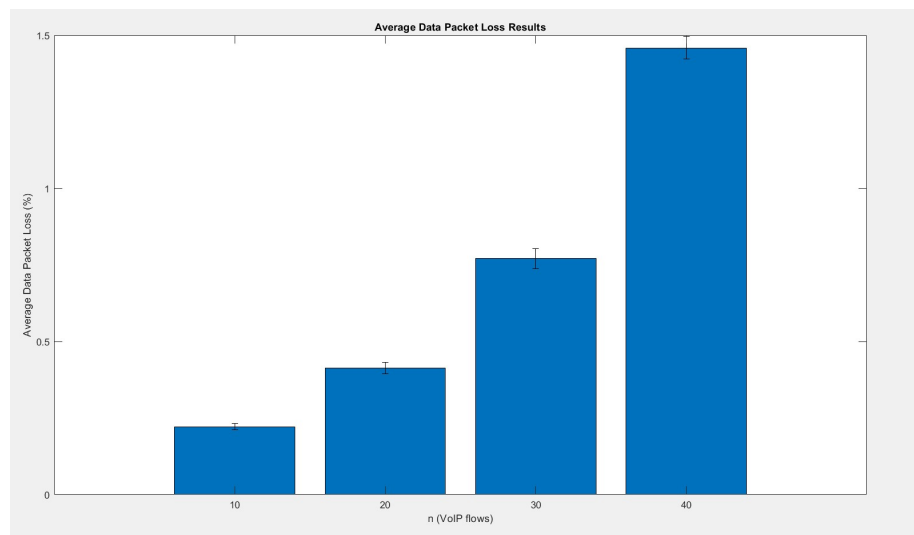


Figura 4.7: ex3b: Média Pacotes Perdidos Dados

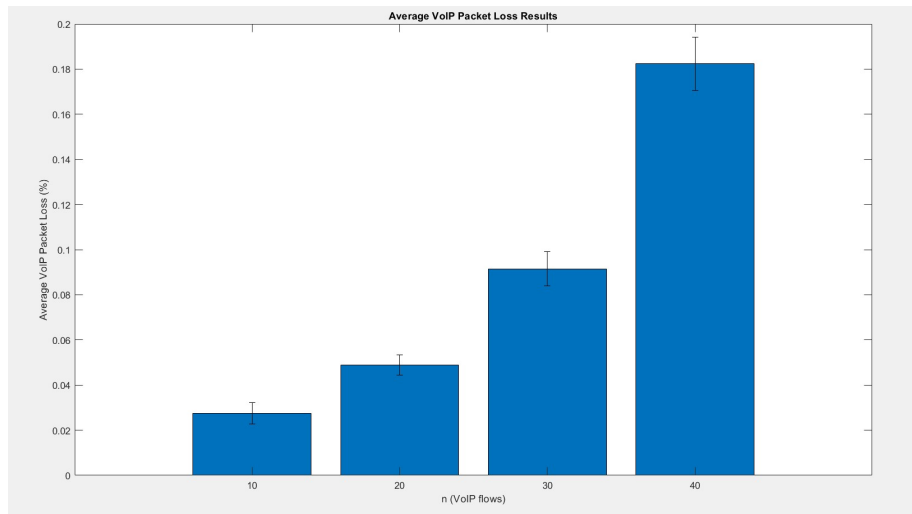


Figura 4.8: ex3b: Média Pacotes Perdidos VoIP

Relativamente à perda de pacotes, houve uma ligeira variação em ambos os tipos de pacotes mas não foi uma alteração muito significativa pois a atribuição de prioridades não faz com que os pacotes não "consigam" entrar na fila simplesmente altera a ordem dos mesmos dentro da fila.

Tarefa 3 alínea c

Desenvolvemos o simulador4A que deriva do simulador4 sendo alterada a forma como os pacotes de dados são aceites na fila, só podendo esta estar ocupada até 90%, caso contrário o pacote é descartado.

```

1  if Type == DATA      % Data packet
2      TOTALPACKETS_D= TOTALPACKETS_D+1;
3      tmp= Clock + exprnd(1/lambda);
4      EventList = [EventList; ARRIVAL, tmp, GeneratePacketSize(), tmp, DATA];
5      if STATE==0
6          STATE= 1;
7          EventList = [EventList; DEPARTURE, Clock + 8*PacketSize/(C*10^6),
8              PacketSize, Clock, DATA];
9      else
10         if QUEUEOCCUPATION + PacketSize <= 0.9 * f
11             QUEUE= [QUEUE;PacketSize , Clock, DATA];
12             QUEUEOCCUPATION= QUEUEOCCUPATION + PacketSize;
13         else
14             LOSTPACKETS_D= LOSTPACKETS_D + 1;
15         end

```

16

end

17

Atraso Pacotes

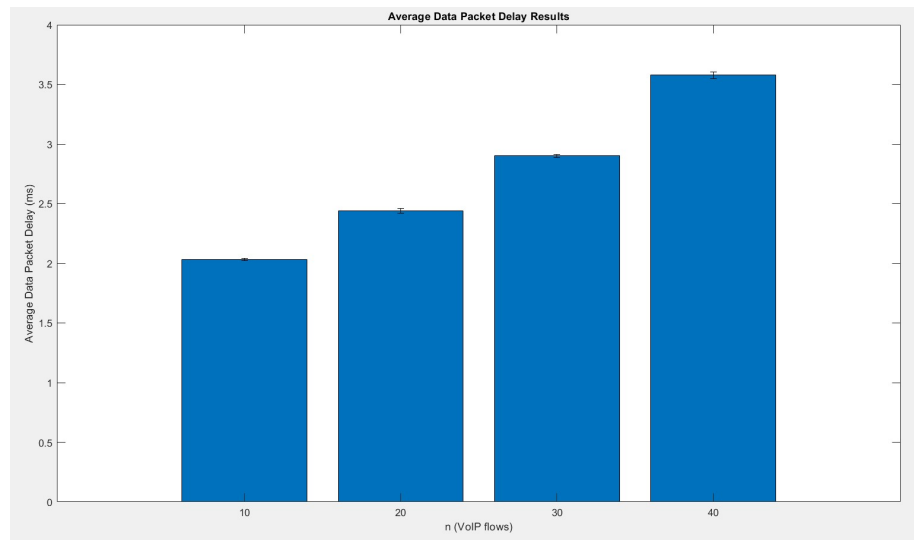


Figura 4.9: ex3c: Média do atraso pacotes Dados

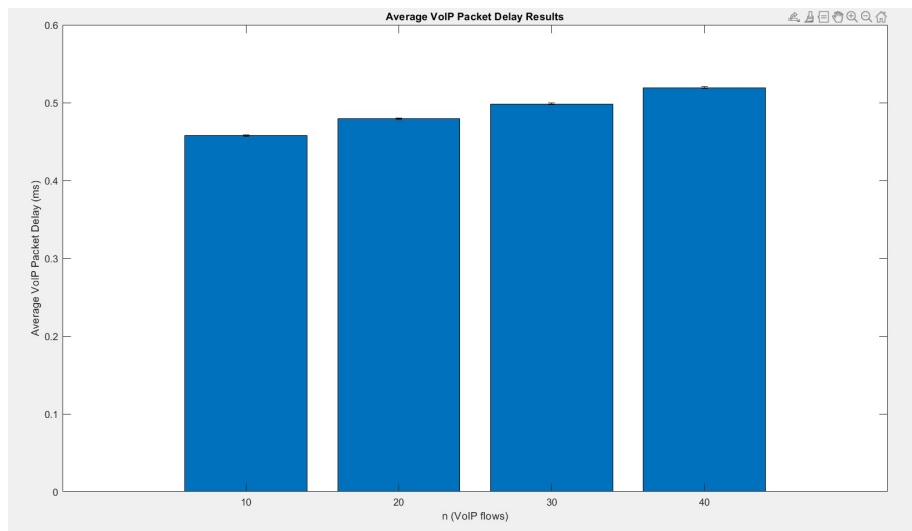


Figura 4.10: ex3c: Média do atraso pacotes VoIP

Apenas o atraso dos pacotes de dados sofreu alterações em relação aos resultados da alínea anterior, tendo diminuído ligeiramente. Isto é justificado pelo facto de que a limitação imposta nesta alínea (apenas aceitar pacotes de dados se a ocupação da fila for inferior a 90%) fará com que existam menos pacotes na fila o que por sua vez levará a um atraso inferior.

Perda Pacotes

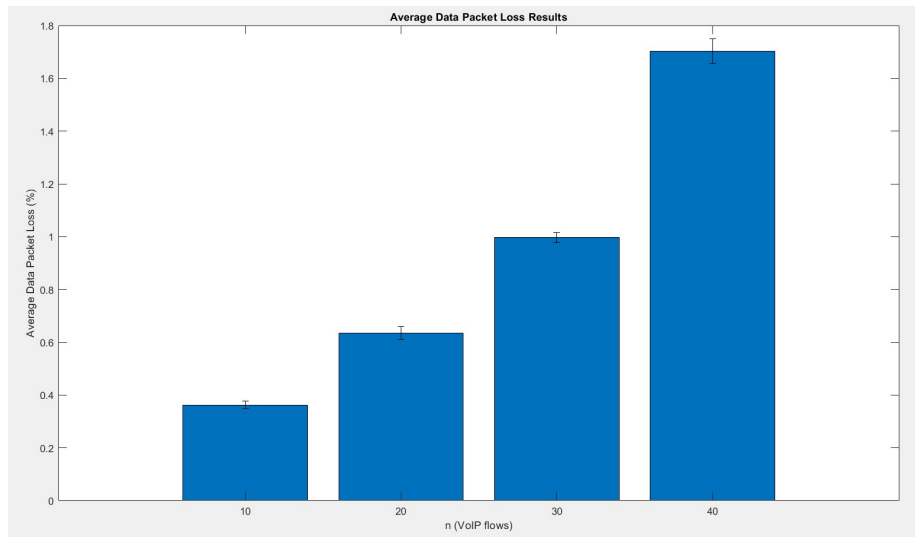


Figura 4.11: ex3c:Média Pacotes Perdidos Dados

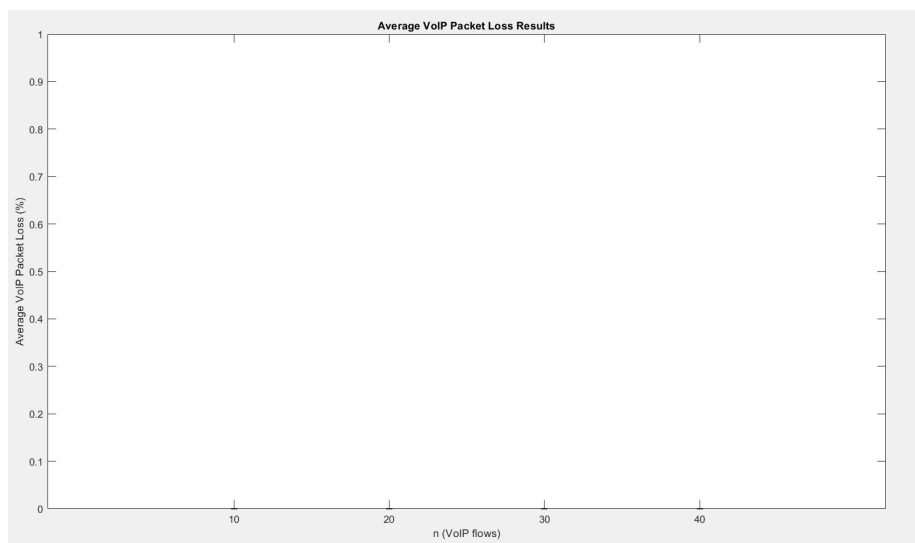


Figura 4.12: ex3c: Média Pacotes Perdidos VoIP

Houve um aumento geral da perda de pacotes de dados que tem por base a limitação imposta no simulador que implica que haja um maior número de pacotes descartados.

No caso dos pacotes VoIP, dado que a percentagem de perda destes já era tão reduzida e aliado ao facto de que 10% da capacidade da fila está "reservada" apenas para este tipo de pacotes fez com que não houvessem de todo pacotes perdidos.

Tarefa 3 alínea d

Desenvolvemos o simulador4B que deriva do simulador4 sendo alterada a forma como os pacotes de VoIP são aceites na fila, só podendo esta estar ocupada até 90%, caso contrário o pacote é descartado.

```
1  else      % VoIP packet
2              TOTALPACKETS_V= TOTALPACKETS_V+1;
3              tmp= Clock + unifrnd(0.016, 0.024);
4              EventList = [EventList; ARRIVAL, tmp, randi([110, 130]), tmp, VOIP];
5              if STATE==0
6                  STATE= 1;
7                  EventList = [EventList; DEPARTURE, Clock + 8*PacketSize/(C*10^6),
8                      PacketSize, Clock, VOIP];
9              else
10                 if QUEUEOCCUPATION + PacketSize <= 0.9 * f
11                     QUEUE= [QUEUE;PacketSize , Clock, VOIP];
12                     QUEUE= sortrows(QUEUE, 3, 'descend');
13                     QUEUEOCCUPATION= QUEUEOCCUPATION + PacketSize;
14                 else
15                     LOSTPACKETS_V= LOSTPACKETS_V + 1;
16                 end
17             end
18         end
```

Atraso Pacotes

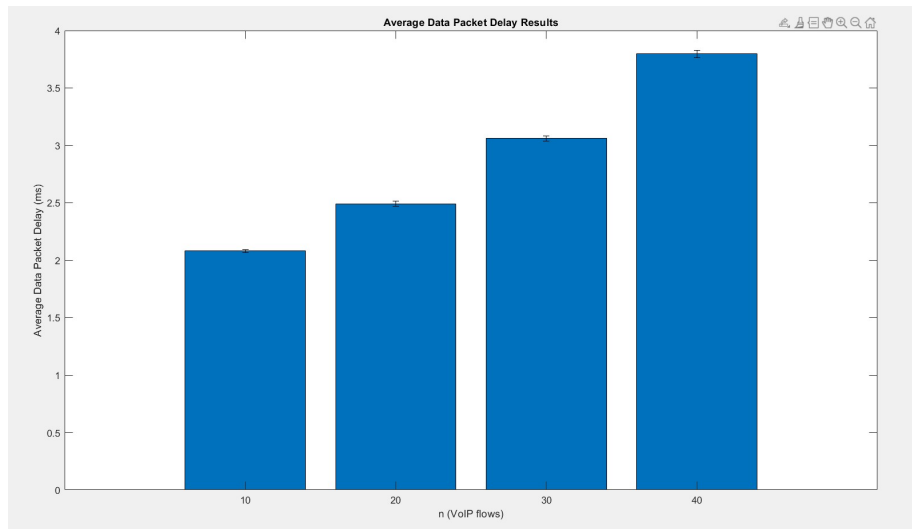


Figura 4.13: ex3d: Média do atraso pacotes Dados

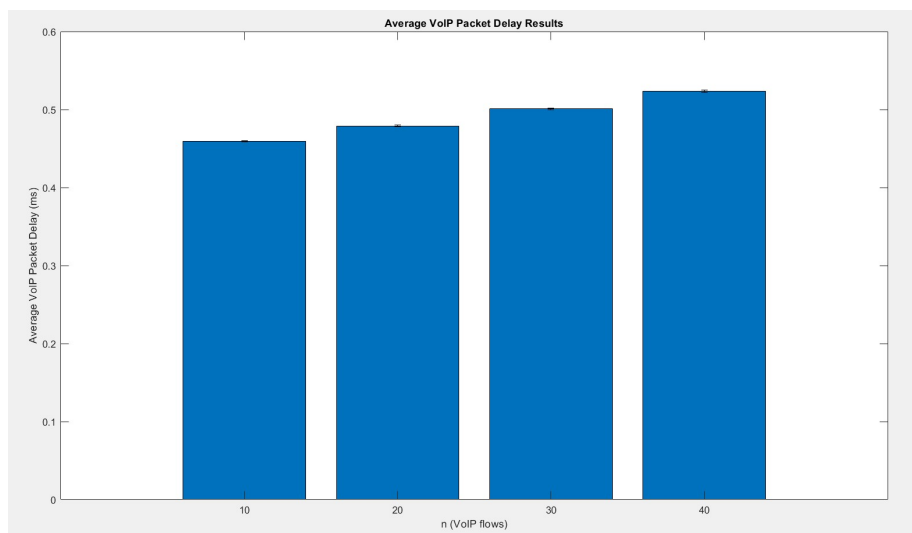


Figura 4.14: ex3d: Média do atraso pacotes VoIP

Em comparação com os resultados da alínea c conclui-se que nos pacotes de dados existe um aumento não muito acentuado que é derivado da limitação que existe nesta alínea aos pacotes de VoIP. Esta limitação levou ao aumento dos pacotes de dados na fila o que justifica o aumento existente.

Em relação à alínea b os resultados do atraso nos pacotes de dados não diferem muito, não havendo por isso conclusões pertinentes a retirar.

Finalmente, para VoIP, os resultados obtidos foram muito semelhantes aos registados nas alíneas anteriores. Após alguma reflexão, os resultados que esperávamos obter seriam que houvesse alguma diminuição do atraso dado que existem menos pacotes VoIP na fila e estes continuam a ter prioridade sobre os dados.

Perda Pacotes

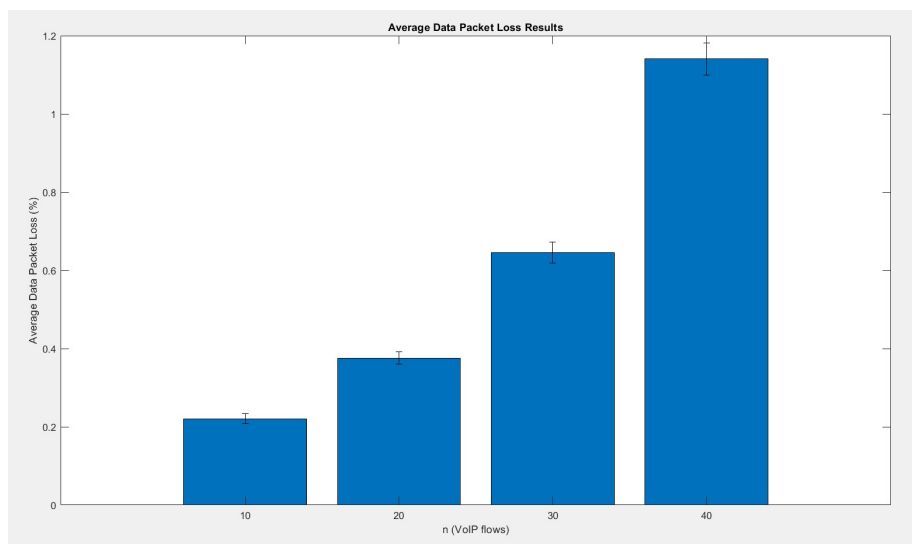


Figura 4.15: ex3d: Média Pacotes Perdidos Dados

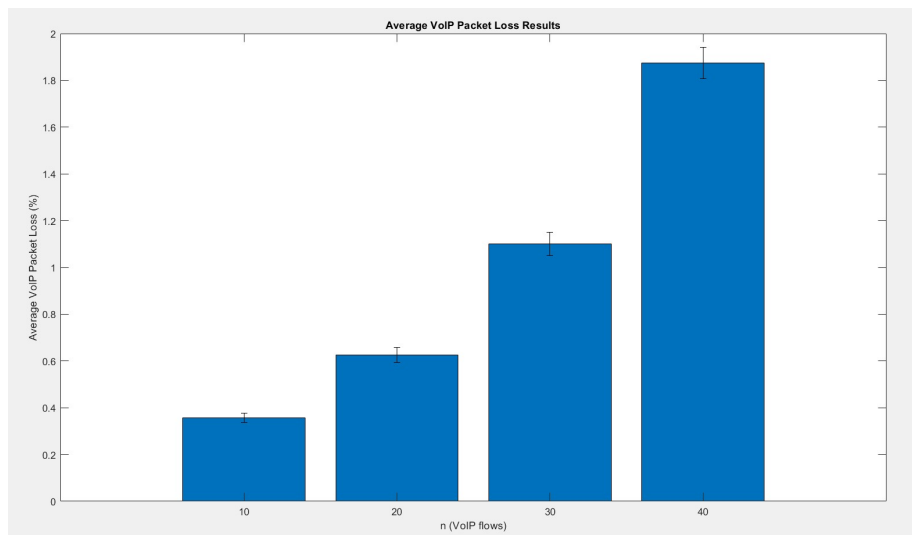


Figura 4.16: ex3d: Média Pacotes Perdidos VoIP

A percentagem de perda de pacotes de dados diminuiu de forma geral sendo este valor o mais reduzido comparativamente às alíneas anteriores. Isto deve-se ao facto de que 10% da capacidade da fila está "reservada" apenas para este tipo de pacotes.

Concluindo, nos pacotes de VoIP o acontecimento foi o oposto em relação aos pacotes de dados. Desta vez o valor da percentagem de perda de pacotes de VoIP aumentou de forma geral sendo este valor o mais elevado por comparação às alíneas anteriores. A limitação da fila imposta nos pacotes de VoIP justifica estas alterações.