Relatório Guião 1
Desempenho e Dimensionamento de Redes

Dário Matos 89298
Pedro Almeida 89205

Abril de 2021

universidade
de aveiro

Pergunta 4.a - Determinar a probabilidade de a ligação estar no estado normal e de estar em estado de interferência.

Código:

```
denominador = (1 + (5) + ((5)*(50/2)) + ((5)*(50/2)*(200/5)) + ((5)*(50/2)*(200/5)*(600/8)));

 s2 = 1 / denominador;
 s3 = (5) / denominador;
 s4 = ((5)*(50/2)) / denominador;
 s5 = ((5)*(50/2)*(200/5)) / denominador;
 s6 = ((5)*(50/2)*(200/5)*(600/8)) / denominador;

 % prob interference
 int = s2 + s3
 % prob normal state
 normal = s4 + s5 + s6
```

Análise:

O primeiro passo para calcular a probabilidade de a ligação estar no estado normal e no estado de interferência é calcular a probabilidade de cada estado da cadeia de Markov. Para isso, e uma vez que a cadeia de Markov é um processo de nascimento e morte, não é necessário calcular as equações de balanço através do caso geral, uma vez que estas já estão definidas.

No código acima, *s2* representa o estado em que o *ber (bit error rate)* é 10^{-2} , *s3* representa o estado de ber 10^{-3} , e assim sucessivamente.

Depois de calculadas as probabilidades de cada estado, o problema torna-se simples e a probabilidade de a ligação estar no estado normal é a soma dos estados *s4*, *s5* e *s6*; e a probabilidade da ligação estar no estado de interferência é a soma dos estados *s2* e *s3*.

Resultados:

```
Probabilidade de o link estar no estado normal: 0.999984
Probabilidade de o link estar no estado interferência: 0.000016
```

Pergunta 4.b - Determinar o *ber (bit error rate)* médio da ligação no estado normal e no estado de interferência.

Código:

```
normalBer = [10^-6 10^-5 10^-4];
normalStates = [s6 s5 s4];
avgBerNormal = sum(normalStates .* normalBer) / normal
```

Análise:

A ligação está no estado normal nos estados *s6*, *s5* e *s4*. A cada um desses estados é multiplicado o *ber* correspondente e é feita a soma do resultado de cada estado. De seguida é feita a divisão pela probabilidade do link estar no estado normal.
Para o estado de interferência é feito o mesmo raciocínio.

Resultados:

```
Ber médio quando o link está no estado normal: 1.150937e-06
Ber médio quando o link está no estado de interferência: 2.500000e-03
```

Pergunta 4.c - Assumindo que um pacote de B bytes é recebido com erros por uma estação, desenhe um gráfico com a probabilidade de a ligação wireless estar no estado normal, onde o tamanho do pacote varia entre 60 e 200 bytes.

Código:

```
% c)
 % calc prob de o pacote ter erros em cada estado

 % 1 ou mais erros = 1 - f(0)

 % n -> numero de bytes
 % p -> error rate
 % f -> probabilidade em cada estado

 n = linspace(64, 200);
 n = n*8;
 errorRate = [10^-6 10^-5 10^-4 10^-3 10^-2];
```

```
f6 = (1 - (1 * errorRate(1)^0 * (1-errorRate(1)).^(n-0)));
f5 = (1 - (1 * errorRate(2)^0 * (1-errorRate(2)).^(n-0)));
f4 = (1 - (1 * errorRate(3)^0 * (1-errorRate(3)).^(n-0)));
f3 = (1 - (1 * errorRate(4)^0 * (1-errorRate(4)).^(n-0)));
f2 = (1 - (1 * errorRate(5)^0 * (1-errorRate(5)).^(n-0)));

 prob_normal_w_errors = (s4*f4 + s5*f5 + s6*f6) ./ (s2*f2 + s3*f3 + s4*f4 + s5*f5 + s6*f6);

figure(1)
plot(n/8, prob_normal_w_errors * 100, 'b-')
 title('Probability of link in the normal state and packet received contains errors')
xlabel('Packet Size (Bytes)')
grid on
```

Análise:

Para calcular a probabilidade de um pacote ser recebido com erros, o procedimento é o mesmo que o de calcular o complemento de o pacote ser recebido sem erros, isto é, 1 - f(0). Para o cálculo da probabilidade de o pacote ser recebido sem erros, utilizou-se a função de probabilidade:

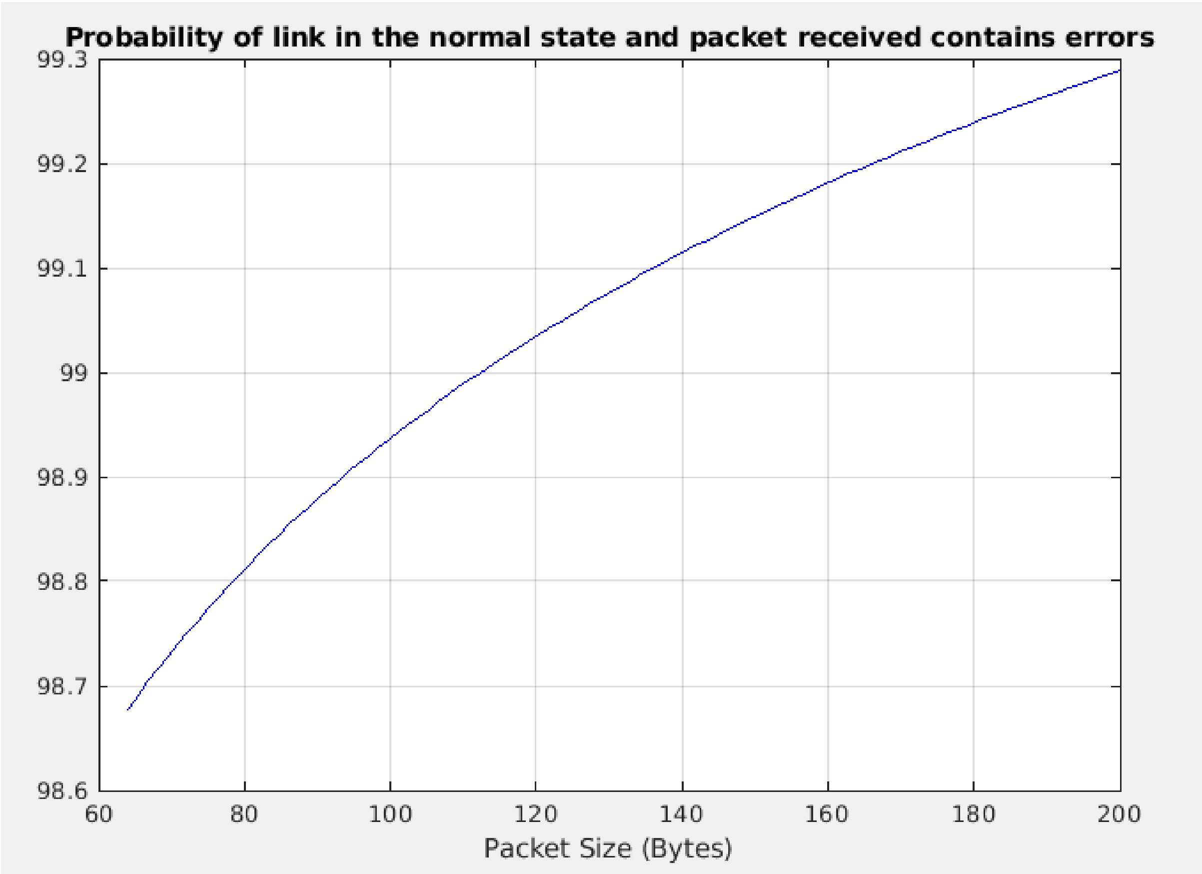
$$f(i) = (n\ i)p^{i}(1 - p)^{n-1},\ i = 0, 1,..., n$$

onde o números de erros no pacote é a variável aleatória binomial, o sucesso é o *ber* e o número de experiências de Bernoulli é o número de bytes do pacote.

Calculada a probabilidade de ser recebido um pacote com erros para todos os estados, e com a probabilidade de se estar em cada estado calculada no exercício anterior, pode-se calcular então a probabilidade de cada estado enviar um pacote com erros. Isto é possível multiplicando, para o estado correspondente, as duas probabilidades anteriormente mencionadas.

Finalmente, para termos a probabilidade de estar no estado normal, efetua-se a soma das probabilidades relativas aos estados em que se considera que a ligação está no estado normal (s4, s5 e s6), e divide-se pela mesma soma, contemplando agora todos os estados.

Gráfico:



Conclusões:

Analisando o gráfico é possível verificar (como seria de esperar) que à medida que o tamanho do pacote aumenta, aumenta também a probabilidade de o mesmo ser recebido com erros.
Uma outra conclusão é que mesmo estando no estado normal, a probabilidade de receber um pacote com erros, independentemente do seu tamanho, é muito elevada, realçando assim a importância de existir mecanismos para a detecção da ocorrência dos mesmos, como por exemplo, o campo *checksum* num pacote IP.

Pergunta 4.d - Assumindo que um pacote de B bytes é recebido sem erros por uma estação, desenhe um gráfico com a probabilidade de a ligação wireless estar no estado de interferência, onde o tamanho do pacote varia entre 60 e 200 bytes.

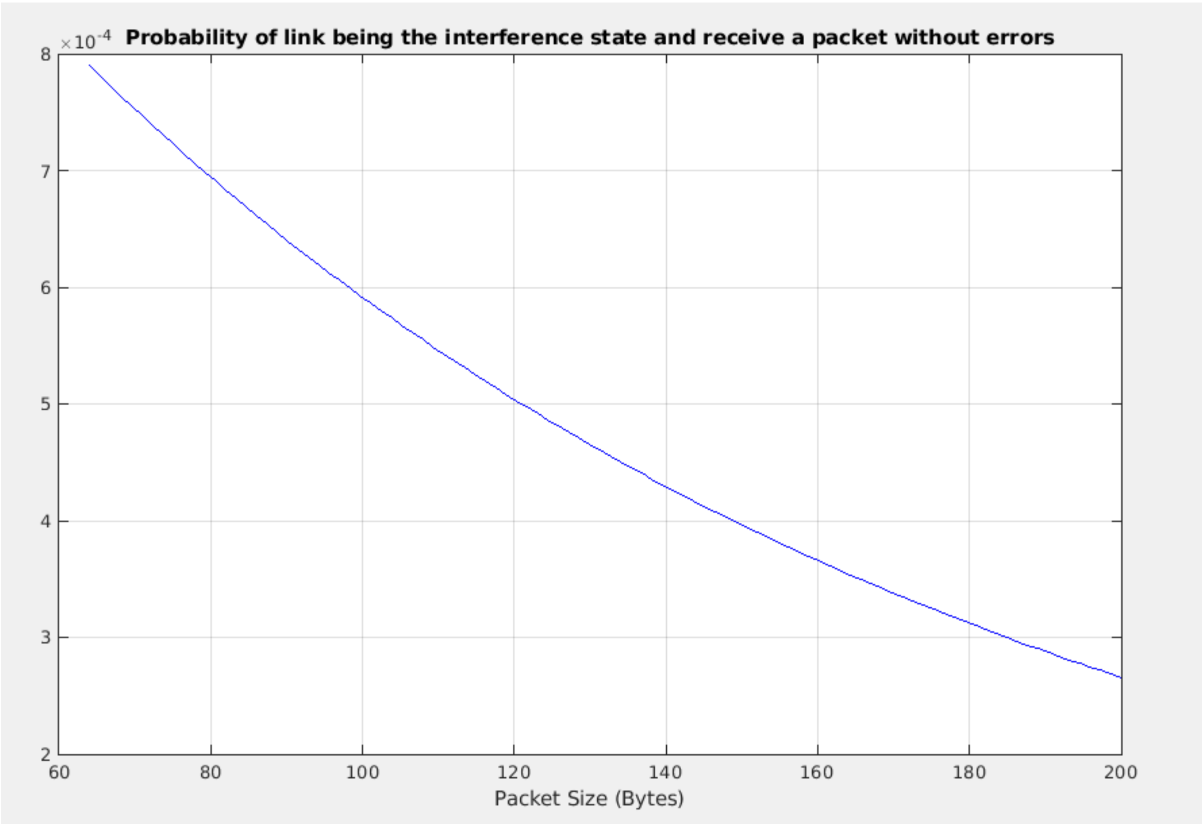
Código:

```
% d)
f6 = (1 * errorRate(1)^0 * (1-errorRate(1)).^(n-0));
f5 = (1 * errorRate(2)^0 * (1-errorRate(2)).^(n-0));
f4 = (1 * errorRate(3)^0 * (1-errorRate(3)).^(n-0));
f3 = (1 * errorRate(4)^0 * (1-errorRate(4)).^(n-0));
f2 = (1 * errorRate(5)^0 * (1-errorRate(5)).^(n-0));

prob_int_no_errors = (s2*f2 + s3*f3) ./ (s2*f2 + s3*f3 + s4*f4 + s5*f5
+ s6*f6);

figure(2)
plot(n/8, prob_int_no_errors * 100, 'b-')
title('Probability of link being the interference state and receive a
packet without errors')
xlabel('Packet Size (Bytes)')
grid on
```

Análise:

Sendo este exercício bastante semelhante ao anterior, nesta análise apenas se irão realçar as diferenças.
O primeiro passo para a resolução deste problema é calcular a probabilidade de um pacote ser recebido sem erros (f(0)) para cada estado. No exercício anterior, foi feito o complemento de isso mesmo (1 - f(0)).
Uma vez que estamos a calcular para o estado de interferência da ligação, o dividendo passa a ser relativo aos estados considerados como estados de interferência (*s2* e *s3*).

Gráfico:



Conclusões:

Observando o gráfico obtido, pode-se concluir que a probabilidade de se receber um pacote sem erros enquanto que a ligação wireless se encontra no estado de interferência é mínima (o valor mais elevado é 0.0008%). Este resultado já era esperado depois de, no exercício anterior, se ter concluído que mesmo estando no estado normal é muito provável que um pacote seja recebido com erros.

Pergunta 5.a - Desenhe um gráfico com a probabilidade de falsos positivos.

Código:

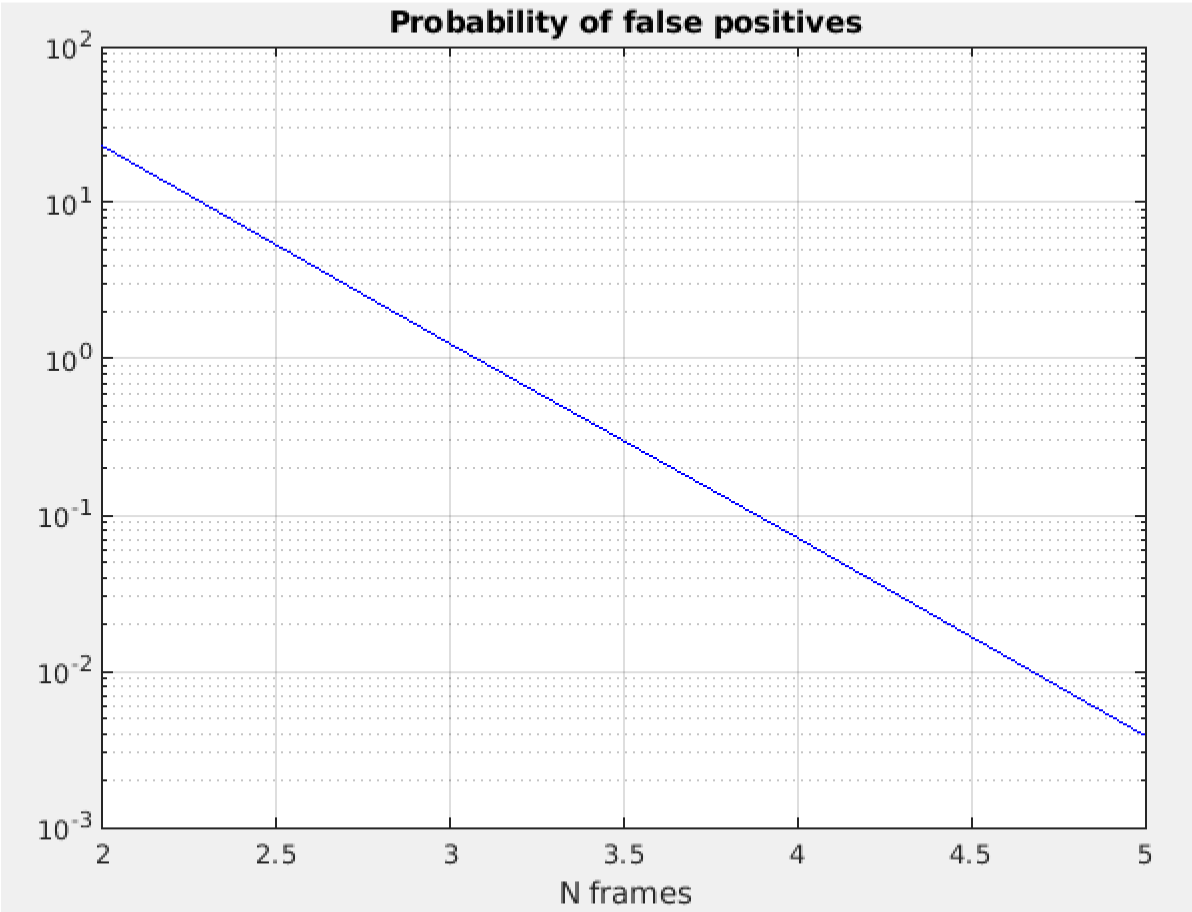
```
% a)
b = 64*8; % bytes
n = linspace(2,5,4); % control frames
errorRate = [10^-6 10^-5 10^-4 10^-3 10^-2];

f6 = (1 - (1 * errorRate(1)^0 * (1-errorRate(1))^(b-0))).^n;
f5 = (1 - (1 * errorRate(2)^0 * (1-errorRate(2))^(b-0))).^n;
f4 = (1 - (1 * errorRate(3)^0 * (1-errorRate(3))^(b-0))).^n;
f3 = (1 - (1 * errorRate(4)^0 * (1-errorRate(4))^(b-0))).^n;
```

```
 f2 = (1 - (1 * errorRate(5)^0 * (1-errorRate(5))^(b-0))).^n;

 prob_false_positives = (s4*f4 + s5*f5 + s6*f6) ./ (s2*f2 + s3*f3 +
s4*f4 + s5*f5 + s6*f6);

 figure(3)
 semilogy(n, prob_false_positives * 100, 'b-')
 title('Probability of false positives')
 xlabel('N frames')
 grid on

fprintf('Probabilidade de falsos positivos (n=2): %.2f\n',
prob_false_positives(1))
 fprintf('Probabilidade de falsos positivos (n=5): %.2f\n',
prob_false_positives(4))
```

Análise:

Este problema é semelhante ao da questão 4.c, onde apenas havia um pacote e o seu tamanho podia variar. Para a 5.a, o tamanho do pacote é fixo (64 bytes) mas são enviados/recebidos *n* pacotes. Assim, podemos ver o exercício 4.c como o caso em que *n* tem o valor 1.
Como explicado anteriormente, para calcular a probabilidade de um pacote conter erros, calcula-se o complemento da probabilidade de o pacote não conter erros (1 - f(0)).
Aproveitando a fórmula usada no exercício 4.c, apenas tem de ser alterada de forma a "suportar" *n* pacotes em vez de apenas um. Para isso, basta elevar a variável *n*.
Na variação de *n* (n=2,3,4,5), foi usada a função *linspace* que gera um vetor linearmente separado, onde foi especificado o número de pontos a gerar (terceiro argumento).

Gráfico:



Conclusões:

Como foi concluído na pergunta 4.c, ainda que a ligação esteja no estado normal, há uma probabilidade bastante grande de um pacote conter erros (>98%). Assim, seria de esperar que, para um número pequeno de pacotes (n=2, por exemplo), a probabilidade de falsos positivos ainda seja consideravelmente elevada (23%):

```
Probabilidade de falsos positivos (n=2): 0.23
Probabilidade de falsos positivos (n=5): 0.00
```

Como se pode observar no ǵrafico obtido, à medida que o número de pacotes trocados entre as duas estações aumenta, a probabilidade de falsos positivos diminui, até que no caso de n=5 a probabilidade já é nula.

Pergunta 5.b - Desenhe um gráfico com a probabilidade de falsos negativos.

Código:

```
% b)
% prob de pelos menos 1 pacote sem erros = 1 - prob de todos terem
erros
n = linspace(2,5,4);
b = 64*8;
errorRate = [10^-6 10^-5 10^-4 10^-3 10^-2];

f6 = (1 - (1 - (1 * errorRate(1)^0 * (1-errorRate(1))^(b-0))).^n);
f5 = (1 - (1 - (1 * errorRate(2)^0 * (1-errorRate(2))^(b-0))).^n);
f4 = (1 - (1 - (1 * errorRate(3)^0 * (1-errorRate(3))^(b-0))).^n);
f3 = (1 - (1 - (1 * errorRate(4)^0 * (1-errorRate(4))^(b-0))).^n);
f2 = (1 - (1 - (1 * errorRate(5)^0 * (1-errorRate(5))^(b-0))).^n);

prob_false_negatives = (s2*f2 + s3*f3) ./ (s2*f2 + s3*f3 + s4*f4 +
s5*f5 + s6*f6);

figure(4)
semilogy(n, prob_false_negatives * 100, 'b-')
title('Probability of false negatives')
xlabel('N frames')
grid on
```

Análise:

Neste exercício, é necessário adaptar a fórmula usada no exercício imediatamente anterior de modo a calcular a probabilidade de pelo menos um pacote ser recebido sem erros, em vez de todos terem erros. Para isso, pode ser observado que a probabilidade de pelo menos um pacote não conter erros, é o mesmo que calcular o complemento de todos os pacotes conterem erros. Assim, verifica-se que apenas se tem de acrescentar o complemento à fórmula usada na tarefa 5.a.
Posteriormente, é necessário mudar o cálculo da probabilidade para os estados em que se considera estar em estado de interferência.

Gráfico:

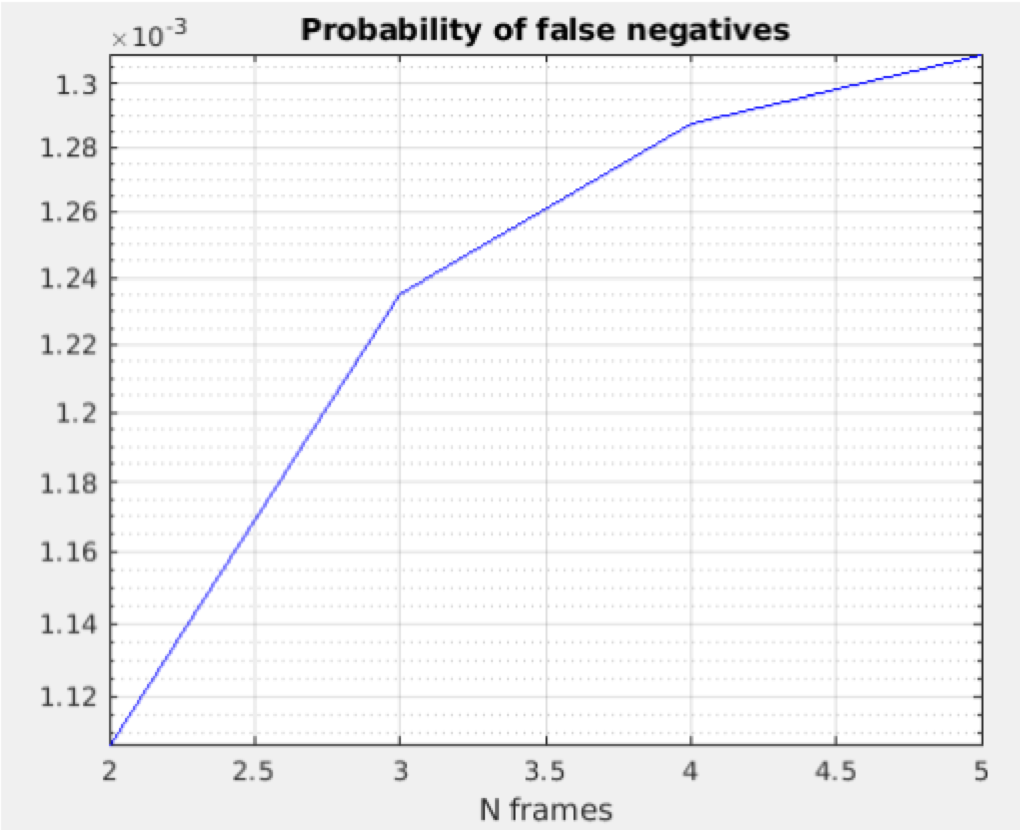


Gráfico com a probabilidade de falsos negativos

Conclusões:

Como observado na tarefa 4.d, a probabilidade de as estações da ligação wireless trocarem um pacote enquanto estão num estado de interferência e este não conter erros, é muito baixa. Assim, já era de esperar que a probabilidade de falsos positivos também fosse baixa, o que pode ser confirmado ao observar o gráfico obtido.

Pergunta 5.c - Sendo a probabilidade de falso positivos e falsos negativos igualmente importantes na eficácia do sistema de detecção de interferência. Com base nos gráficos obtidos em 5.a e 5.b, determine o melhor valor *n* a usar no sistema.

Através das conclusões das alíneas anteriores, é possível concluir também que a probabilidade de existirem falsos negativos é sempre bastante reduzida. Assim, será benéfico apontar para um menor número possível de falsos positivos, de forma a manter a precisão do sistema de deteção de interferência.
Também através da análise das questões anteriores conclui-se que o número de falsos positivos diminui com o aumento do *n*, tendo probabilidade de 0% para n=5, valor que corresponde a uma probabilidade de falsos negativos de 0.0013%.