

# **Lab 1- Data Link Protocol**

## **Characterization of the protocol efficiency**

Redes de Computadores - L.EIC025 2025/2026

3LEIC04

Nuno Alexandre Fernandes Gomes

up202306826

Vasco Costa Lemos

up202306905

## Índice

<b>Sumário.....</b>	<b>3</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>3</b>
<b>Conceitos.....</b>	<b>3</b>
<b>Metodologia.....</b>	<b>3</b>
<b>Medições da Eficiência.....</b>	<b>3</b>
1. Variação do C .....	3
2. Variação do FER (através do BER) .....	4
3. Variação do L.....	4
4. Variação do Tprop .....	5
<b>Conclusões.....</b>	<b>5</b>

## Sumário

Este relatório analisa a eficiência do protocolo de camada de ligação de dados desenvolvido no âmbito do primeiro trabalho laboratorial da unidade curricular de Redes de Computadores da FEUP (2025/2026). O estudo avalia o impacto da taxa de erro (FER/BER), baudrate (C), tamanho da trama (L) e tempo de propagação (T<sub>prop</sub>) na eficiência do protocolo Stop-and-Wait ARQ, comparando resultados práticos com os modelos teóricos.

## Introdução

O projeto consistiu na implementação de um protocolo de camada de ligação de dados capaz de assegurar comunicação fiável entre dois sistemas através de um cabo RS-232. O protocolo utiliza tramas delimitadas por flags, deteção de erros com BCC, retransmissões e o mecanismo Stop-and-Wait ARQ, garantindo a entrega correta dos dados. Este relatório apresenta a análise experimental da eficiência (S) em diferentes condições de transmissão, com o objetivo de comparar o desempenho obtido com os modelos teóricos estudados.

## Conceitos

*C* – Baudrate (bits/s)

*L* – Tamanho da trama (bytes) Na fórmula da eficiência é convertido para bits.

*FER* – Frame Error Rate ou taxa de erro da trama (%)

*BER* – Bit Error Rate ou taxa de erro do bit (%)

*T<sub>prop</sub>* – Tempo de propagação (s)

*T<sub>measured</sub>* – Tempo medido na prática (s)

$$R(\text{bytes/s}) = \frac{\text{Tamanho do ficheiro(bytes)}}{T_{\text{measured}}}$$

$$FER = 1 - (1 - BER)^L$$

Formulas for efficiency:

$$S_{\text{measured}} = \frac{R}{C}$$

$$S_{\text{theoretical}} = \frac{1 - FER}{1 + \frac{2 \times T_{\text{prop}} \times C}{L}} = \frac{(1 - BER)^L}{1 + \frac{2 \times T_{\text{prop}} \times C}{L}}$$

## Metodologia

Para alterar as variáveis nos nossos testes, usamos o ficheiro *cable.c* que nos foi dado, que nos permitia manipular o baudrate, o *BER* e o *T<sub>prop</sub>*. No entanto, para modificar o tamanho da trama, o nosso próprio código foi temporariamente modificado, modificação essa que se resume a um *#define* que especificava o tamanho máximo da trama.

Os nossos resultados foram posteriormente analisados por meio de uma tabela e convertidos para um gráfico, permitindo comparar com facilidade as diversas configurações.

## Medições da Eficiência

### 1. Variação do C

C	T <sub>measured</sub>	R	S <sub>measured</sub>	S <sub>theoretical</sub>
4800	23.499	466.743	0.7779054	1
9600	11.752	933.288	0.77774	1
19200	5.876	1866.576	0.77774	1
57600	1.971	5564.688	0.7728733	1
115200	0.992	11056.452	0.7678091	1

Tabela 1: Resultados após variações no C.

Ficheiro: 10968 bytes

$L = 1024$  bytes

$FEP = T_{prop} = 0$

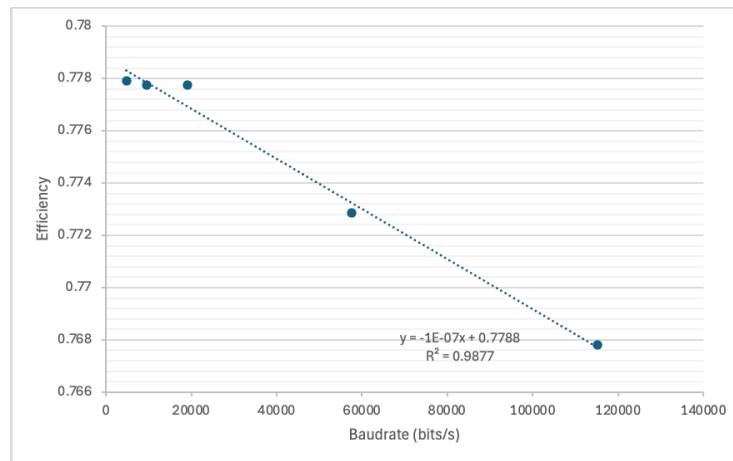


Gráfico 1: Variação da eficiência com o C.

É possível observar que a eficiência diminui de forma quase linear com o aumento do baudrate, pois o tempo de espera pelas confirmações torna-se mais relevante.

## 2. Variação do FER (através do BER)

Ficheiro: 10968 bytes

$L = 1024$  bytes

$C = 9600$  bits/s

$T_{prop} = 0$

BER	Tmeasured	R	Smeasured	Stheoretical
0	11.751	7466.939	0.7778061	1
0.000005	11.76	7461.224	0.7772109	0.9598674
0.00001	12.837	6835.242	0.7120044	0.9213453
0.00005	17.153	5115.373	0.5328514	0.663909
0.0001	21.499	5190.724	0.4251361	0.4407661

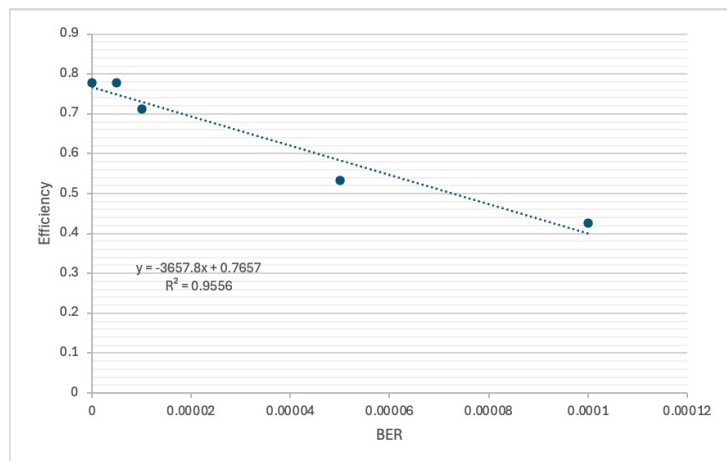


Tabela 2: Resultados após variações no BER.

Gráfico 2: Variação da eficiência com o BER.

A eficiência diminui com o aumento do BER, devido à necessidade de retransmissões frequentes, em concordância com o modelo teórico.

## 3. Variação do L

Ficheiro: 10968 bytes

$C = 9600$  bits/s

$T_{prop} = FER = 0$

L	Tmeasured	R	Smeasured	Stheoretical
128	12.966	6767.237	0.7049206	1
256	12.232	7173.316	0.7472204	1
512	11.918	7362.309	0.7669072	1
1024	11.752	7466.304	0.77774	1
2048	11.678	7513.615	0.7826683	1

Tabela 3: Resultados após variações no L.

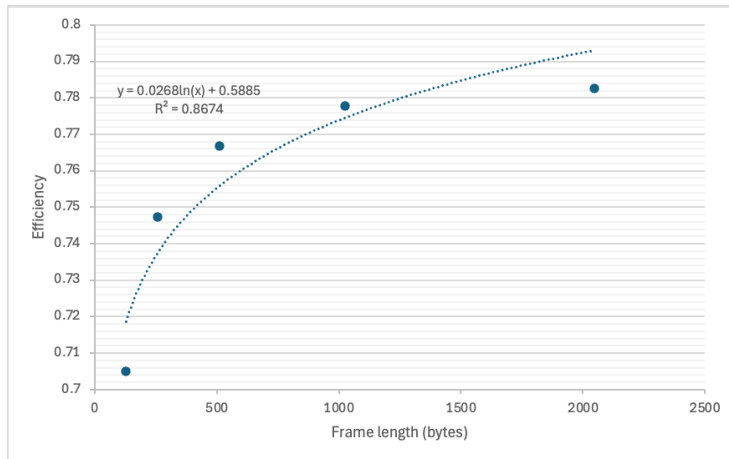


Gráfico 3: Variação da eficiência com o  $L$ .

Com o aumento de  $L$ , a eficiência cresce de forma logarítmica, pois o overhead de controlo torna-se menos significativo.

#### 4. Variação do $T_{prop}$

Ficheiro: 10968 bytes

$L = 1024$  bytes

$C = 9600$  bits/s

$FER = 0$

$T_{prop}$	$T_{measured}$	$R$	$S_{measured}$	$S_{theoretical}$
0	11.75	7467.574	0.7778723	1
0.001041	11.781	7447.925	0.7758255	0.9975661
0.005208	11.907	7369.111	0.7676157	0.987941
0.010416	12.062	7274.416	0.7577516	0.9761693
0.049999	13.25	6622.189	0.6898113	0.8951068

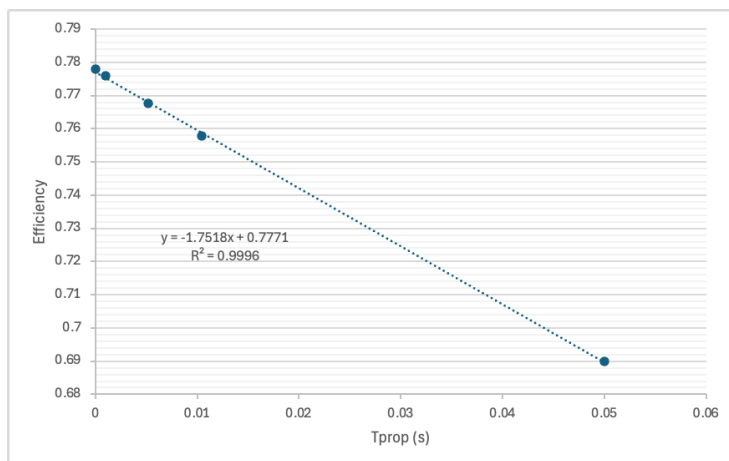


Gráfico 4: Variação da eficiência com o  $T_{prop}$ .

Tabela 4: Resultados após variações no  $T_{prop}$ .

Com o aumento de  $T_{prop}$ , verifica-se também uma diminuição na eficiência de forma linear.

## Conclusões

Os resultados obtidos confirmam o comportamento esperado do protocolo Stop-and-Wait ARQ. A eficiência aumenta com o tamanho da trama e diminui com o baudrate, a taxa de erro e o tempo de propagação. As diferenças entre os valores teóricos e experimentais resultam do tempo de processamento e das trocas de tramas de controlo do protocolo.