

Protocolo de Ligação de Dados

1º Trabalho Laboratorial

**Redes de Computadores
Turma 13**

Gonçalo Miguel Ferreira Santos (up202306340)
João Pedro Nunes Ferreira (up202305204)

5 de novembro de 2025

Sumário

Este trabalho no âmbito da unidade curricular de Redes de Computadores visa a implementação de um protocolo de comunicação de dados para a transmissão de ficheiros utilizando a Porta Série RS-232.

Através deste projeto conseguimos fazer uso da matéria lecionada nas aulas teóricas para implementar o protocolo em questão, considerando assim o funcionamento da estratégia Stop-and-Wait.

Introdução

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento e implementação de um protocolo de ligação de dados, de acordo com as especificações presentes no guião, para transferir um ficheiro através da porta de série.

Metodologia

A montagem experimental consistiu num computador Linux interligado através de uma ligação série RS-232, simulada pelo programa **cable.c**, que permite ajustar os parâmetros baudrate (C), bit error rate (BER), o atraso de propagação (T_{prop}) e o tamanho do frame (L).

Durante a experiência, variou-se separadamente C, o frame error rate (FER), L e T_{prop} .

Para avaliar o desempenho do protocolo Stop-and-Wait ARQ, foram medidas repetidamente as durações de transferência do ficheiro e, a partir delas, calculou-se o throughput (R) e a eficiência medida (S) segundo as fórmulas:

$$R = \frac{\text{Tamanho do ficheiro (bits)}}{\text{Tempo de transferência(s)}}$$
$$S = \frac{R}{C} \times 100\%$$

Todas as medições foram repetidas em condições idênticas, de forma a reduzir a variabilidade causada por atrasos aleatórios ou carga do sistema.

A eficiência teórica depende do parâmetro: $a = \frac{T_{prop}}{T_{frame}}$ e, quando apenas o atraso de propagação varia, usa-se: $S_{(teórica)} = \frac{1}{1+2a} \times 100\%$. Quando apenas o FER varia, utiliza-se o modelo probabilístico: $S_{(teórica)} = \frac{1-FER}{1+2a} \times 100\%$.

Resultados

O ficheiro transmitido tem 10968 bytes, com uma baudrate fixa de 9600 bits/s e um tamanho do frame de 1000 bytes.

Variação de Baudrate

Baudrate (bits/s)	Tempo (s)	T frame (bits/s)	Eficiência (%)
4800	23,454	3729	77,67
9600	11,727	7483	77,93
19200	5,863	14966	77,95
38400	2,932	19927	77,93
57600	1,955	44882	77,92
115200	0,978	89739	77,92

Eficiência (%) em comparação com Baudrate (bits/s)

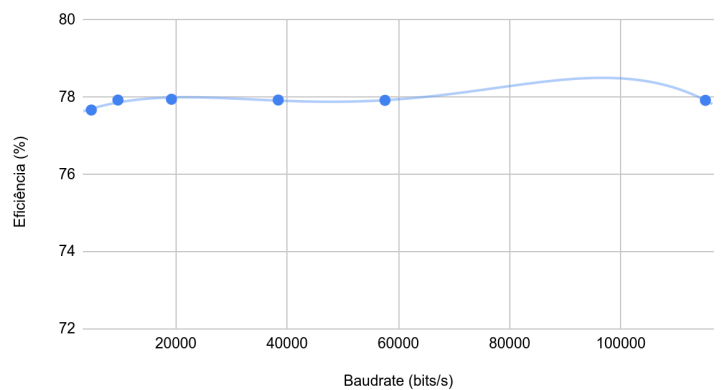


Tabela 1 – Resultados de eficiência para diferentes valores de baudrate

A eficiência mantém-se praticamente constante, apesar do aumento da taxa de transmissão. Isso confirma o impacto do fator $a = \frac{T_{prop}}{T_{frame}}$, que se torna mais relevante com o aumento de C.

Variação de FER

FER (%)	BER	Média (s)	T frame (bits/s)	Eficiência Teórica (%)	Eficiência (%)
0	0	11,727	7483	100	77,93
10	1.32×10^{-5}	13.325	6585	90	68,60
20	2.79×10^{-5}	14.200	6180	80	64,38
30	4.46×10^{-5}	15.950	5502	70	57,31
50	8.66×10^{-5}	24.262	3617	50	37,68
80	2.01×10^{-4}	49.831	1761	20	18,34

Eficiência Teórica (%) e Eficiência (%)

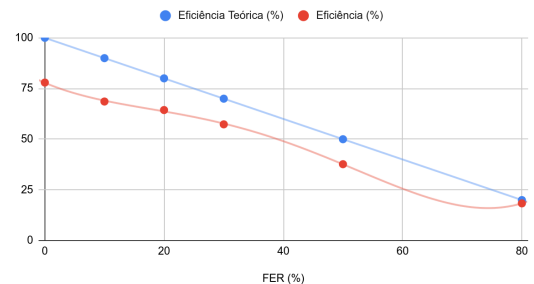


Tabela 2 – Resultados de eficiência para diferentes valores de FER

À medida que o Frame Error Rate (FER) aumenta, tanto a eficiência medida como a eficiência teórica diminuem de forma praticamente linear. Taxas de erro mais elevadas provocam mais retransmissões, o que reduz diretamente o throughput (R) do protocolo e, consequentemente, diminui a eficiência.

Variação do tamanho do frame

Tamanho do frame (bytes)	Tempo (s)	T frame (bits/s)	Eficiência (%)
--------------------------	-----------	------------------	----------------

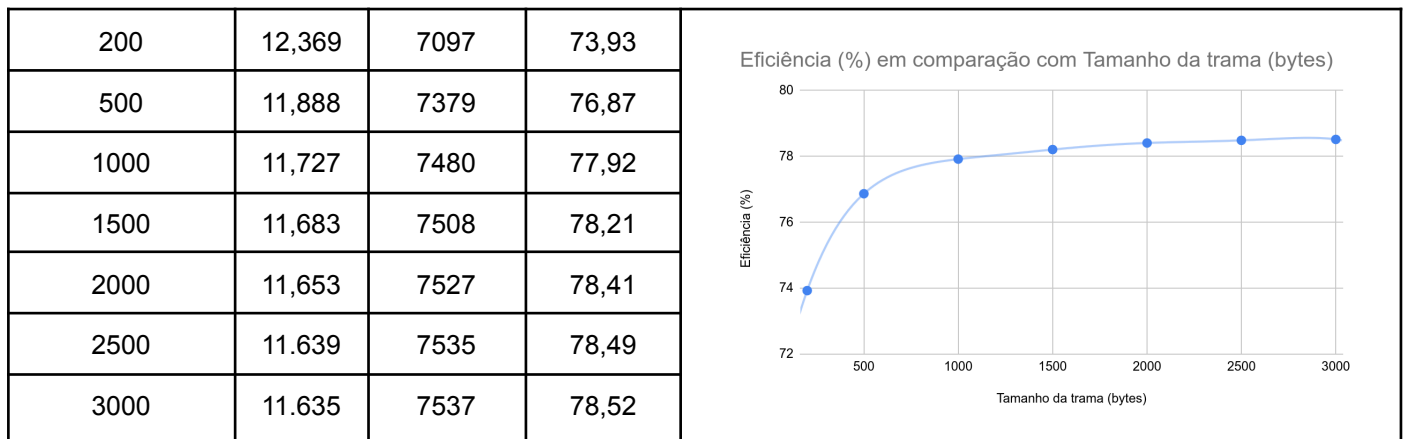


Tabela 3 – Resultados de eficiência para diferentes tamanhos do frame

Com os resultados obtidos, verificamos que a eficiência melhora com o aumento do tamanho do frame, começando a estabilizar a partir dos 1000 bytes. Isto dá-se porque, ao aumentar o tamanho do frame, a proporção de bits de controlo (como headers) em relação aos bits úteis diminui, havendo mais dados “úteis” transmitidos por unidade de tempo.

Variação de propagation delay

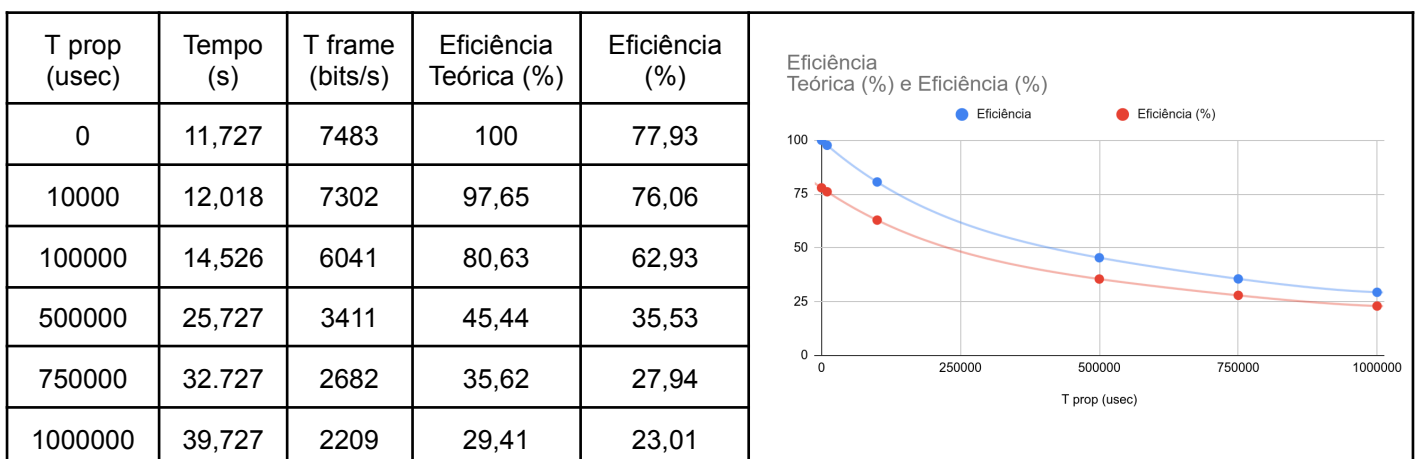


Tabela 4 – Resultados de eficiência para diferentes valores de propagation delay

O aumento do atraso de propagação reduz a eficiência devido ao maior tempo ocioso entre transmissões, evidenciando a limitação do Stop-and-Wait em canais de alta latência.

Nota: Nos ensaios de variação de baudrate e frame size, foi considerado $T_{prop} = 0$, o que implica $a = 0$ e, consequentemente, uma eficiência teórica constante de 100%. Como tal, optamos por não incluir essa coluna, uma vez que seria redundante.

Conclusões

Os resultados mostram que os valores teóricos prevêem corretamente as variações da eficiência, mas os valores medidos são menores devido a atrasos no processamento, à sobrecarga do software em si, entre outros fatores. O trabalho permitiu aplicar os conhecimentos na prática e identificar as limitações de protocolos simples.