# Relatório do Trabalho 2 de Sistemas Operacionais

Romeu Tamarozi Bernardes

## 1. Programa em C++ para cálculo da série de Leibniz

A primeira parte do trabalho consiste em fazer um programa em C++ que calcule uma aproximação de $\pi$ a partir da série de Leibniz, da seguinte forma:

$$\pi \approx 4 \cdot \sum_{k=0}^{N-1} \frac{(-1)^k}{2k+1}$$

O código para esta etapa do trabalho está presente em *sequencial.cpp*, neste diretório.

### Explicação do código (*sequencial.cpp*)

No meu código, a quantidade de termos da série que serão calculados é definida por input do usuário, suportando teoricamente até $2^{63} - 1$ termos, pois a variável que recebe o input é de tipo *long long*.

A variável **`N`** armazena a quantidade de termos da série de Leibniz que serão calculados, recebendo um input do usuário como valor. O laço de repetição *for*, que tem o contador **`k`** indo de 0 até **`N`**, realiza o somatório que determina os termos da série, sendo o resultado do somatório armazenado em **`soma`**.

Para a alternância de sinal dos termos ao longo da série, eu utilizei uma condição na definição de valor da variável **`sinal`** (que armazena o numerador para a divisão que gera os termos): se **`k`** for par, **`sinal`** será positivo; caso contrário, **`sinal`** será negativo. Esta condição faz o mesmo papel da expressão $(-1)^k$ na série, sendo mais simples do que a utilização de potência.

Finalizado o laço *for*, o resultado do somatório será multiplicado por 4 para obter a aproximação de $\pi$, na variável **`pi`**, que logo após é impressa com 15 casas decimais.

## 2. Cálculo distribuído entre *threads*

Na segunda parte do trabalho, o objetivo é modificar o código anteriormente escrito para que o cálculo seja distribuído entre múltiplas tarefas, em múltiplas *threads*, utilizando *pthreads* no Linux. Também devem ser realizados testes de tempo de execução com o uso de 1, 2, 4 e 8 *threads*. O código para esta etapa do trabalho está presente em *threads.cpp*, neste diretório.

## Explicação do código (*threads.cpp*)

(Esta explicação será mais voltada à estrutura geral do programa. O código está detalhadamente comentado, então para explicações mais específicas sobre cada variável, função, etc. do código recomendo ler os comentários.)

Aqui, o cálculo da série de Leibniz é dividido entre múltiplas *threads*, que operam paralelamente. Cada *thread* calcula uma parcela dos termos da série e armazena seus resultados parciais em um vetor **`resultado`** compartilhado.

É definida uma estrutura de dados **`ThreadData`**, que define as informações necessárias para que cada *thread* execute sua porção do processo (intervalo de iteração, posição dentro do vetor compartilhado e referência ao vetor compartilhado).

Também é definida a função **`thread_func`** que cada *thread* executa. É aqui que a soma parcial de um intervalo da série é realizada.

A função principal (**`main`**) recebe dois argumentos da linha de comando: a quantidade de termos da série que serão calculados e a quantidade de *threads* que serão utilizadas. Então, ela aloca memória para as *threads*, as informações **`ThreadData`** e o vetor **`resultado`**, e cria e inicializa cada *thread* com sua respectiva posição no vetor compartilhado e seu bloco de termos para calcular (**`BlocoDeIteracoes`**). A execução do programa é então bloqueada até que as *threads* finalizem suas somas parciais e as armazenem no vetor **`resultado`**. Quando todos os cálculos parciais são finalizados eles são todos somados, e esta soma final é armazenada na variável **`soma`**, que é então multiplicada por 4 para obter-se a aproximação de $\pi$. O resultado final é impresso no terminal, a memória alocada é liberada e o programa é finalizado.

## Compilação e execução do programa

Para compilar o programa e poder fazer os testes eu utilizei o G++, desta forma no terminal: `g++ threads.cpp -o threads`.

No programa *threads.cpp*, a quantidade de termos calculados e o número de *threads* usadas devem ser passados como argumentos na execução do código compilado. Então, a forma de execução fica (para Linux): `./threads <quantidade_de_termos> <quantidade_de_threads>`

Exemplo de execução (no terminal do Linux):

```
./threads 1000000000 8
```

Resultado impresso no terminal:

```
pi = 3.141592652589324
```

## Comparação de tempos de execução

Para a comparação de tempos de execução para diferentes quantidades de *threads*, foi utilizado o comando *time* no Linux (formato de execução: `time`

`./threads <quantidade_de_termos> <quantidade_de_threads>`), e observado o tempo real passado por ele.

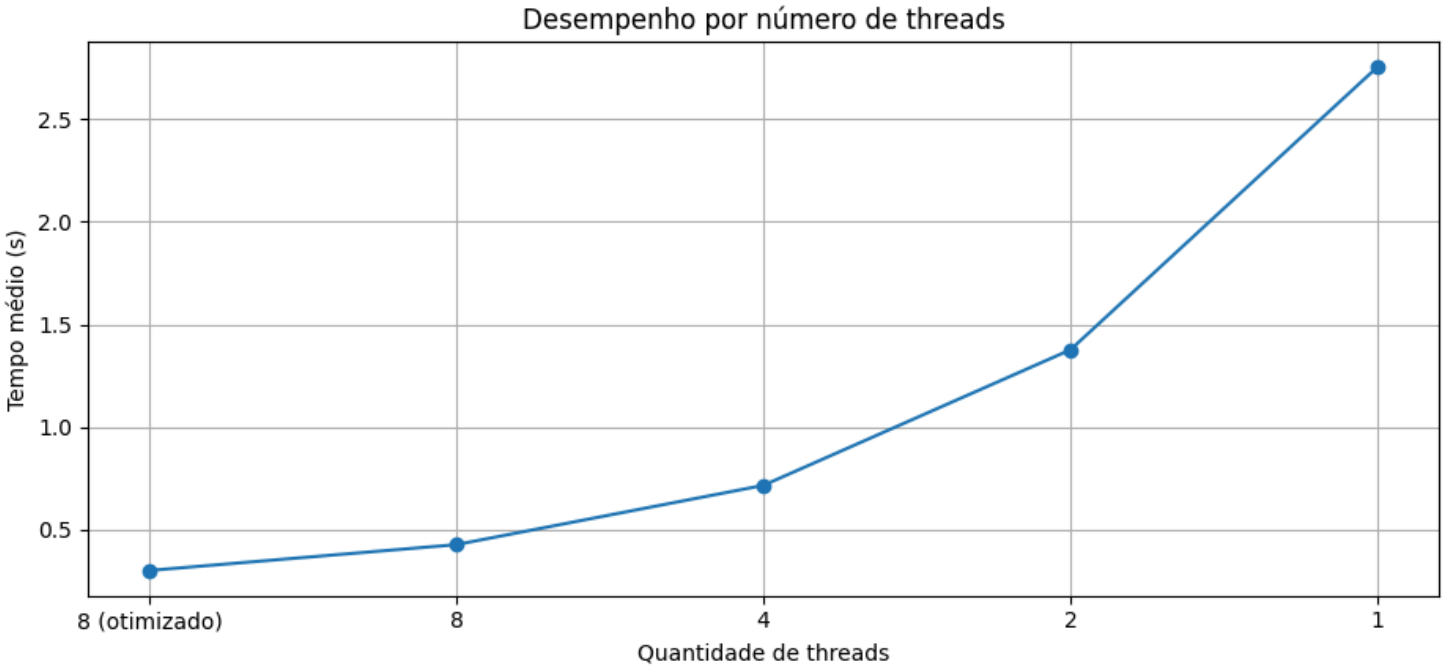
Foram realizados testes com 1, 2, 4 e 8 *threads*, todos calculando $10^9$ termos da série de Leibniz. Para cada número de *threads* foram realizados cinco testes, e ao final foram medidas as médias de tempo para cada uma.

Eu também realizei, por curiosidade, mais cinco testes adicionais com otimização automática na compilação, utilizando o argumento *-O2* ao compilar o código por G++. Estes testes foram realizados com 8 *threads* e $10^9$ termos da série de Leibniz, e os resultados serão incluídos junto com os testes obrigatórios para o trabalho.

Eis uma tabela com os resultados obtidos, em segundos:

| Quantidade de threads utilizadas | Teste 1 | Teste 2 | Teste 3 | Teste 4 | Teste 5 | Média |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,822 | 2,694 | 2,724 | 2,795 | 2,744 | 2,756 |
| 2 | 1,403 | 1,388 | 1,366 | 1,367 | 1,362 | 1,377 |
| 4 | 0,716 | 0,721 | 0,729 | 0,707 | 0,708 | 0,716 |
| 8 | 0,432 | 0,429 | 0,429 | 0,420 | 0,426 | 0,427 |
| 8 (otimizado) | 0,290 | 0,292 | 0,320 | 0,304 | 0,299 | 0,301 |

E aqui um gráfico representando visualmente a diferença de velocidade de desempenho:



## 3. Referências utilizadas:

Publicações no site Open Group sobre a biblioteca *pthread*: https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/7908799/xsh/pthread.h.html