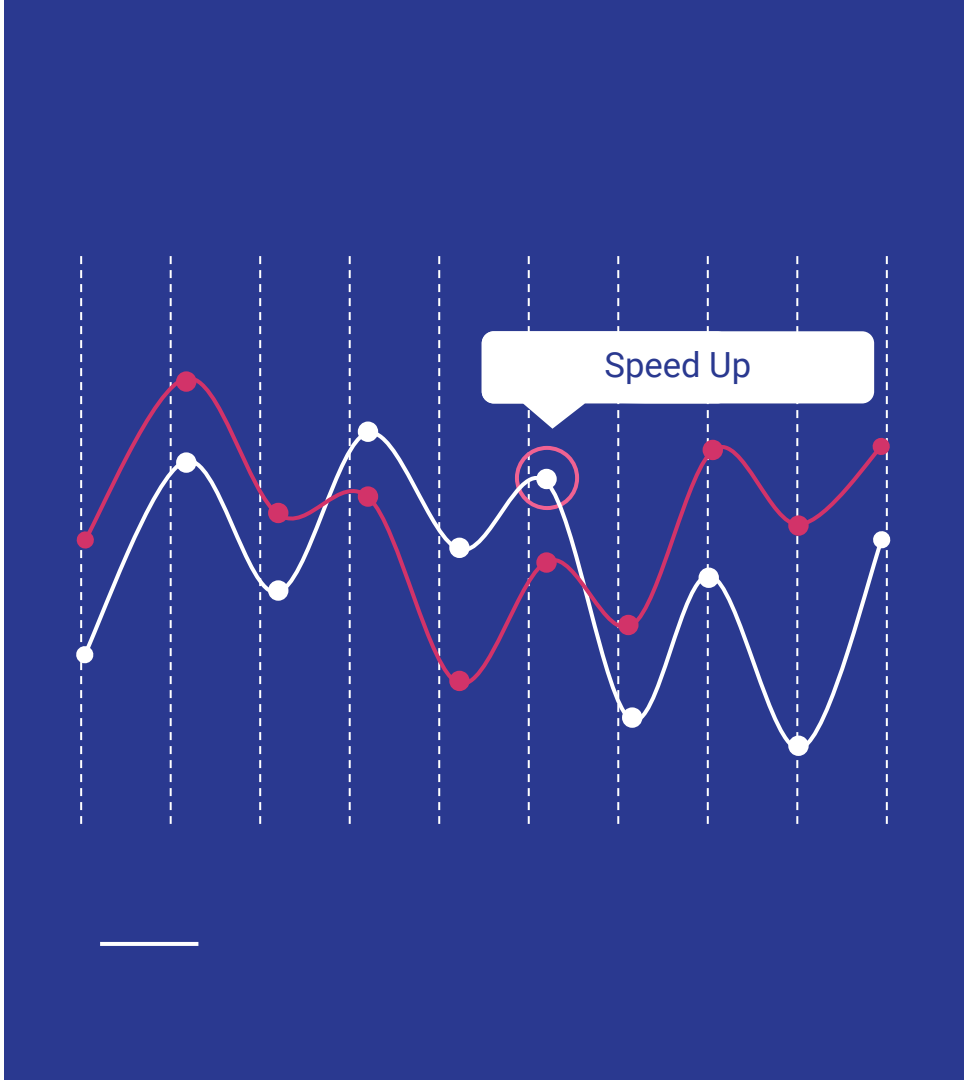
T4: Geração de Fractais de Mandelbrot em OpenMP

Matheus Grisotti



Oportunidades de Paralelismo

Identificação e Análise

Existem 3 possíveis loops

Loop de Frames

```
for (int frame = 0; frame < frames; frame++) {
  const double xMin = xMid - delta;
  const double yMin = yMid - delta;
  const double dw = 2.0 * delta / width;
  for (int row = 0; row < width; row++) {···
  }
  delta *= 0.98;
}
```

Existem 3 possíveis loops

Loop de Linhas

```
for (int row = 0; row < width; row++) {
  const double cy = yMin + row * dw;
  for (int col = 0; col < width; col++) {···
  }
}
```

Existem 3 possíveis loops

Loop de Colunas

```
for (int col = 0; col < width; col++) {
  const double cx = xMin + col * dw;
  double x = cx;
  double y = cy;
  int depth = 256;
  double x2, y2;
  do {···
  } while ((depth > 0) && ((x2 + y2) < 5.0));
  pic[frame * width * width + row * width + col] = (unsigned char)depth;
}
```

Análise dos Loops

Loop de Frames

Dependência

A variável Delta é diferente em cada iteração do loop, logo ela deve ser incrementada de forma sequencial. Ou implementada de outra maneira.

Loop de Linhas

Sem dependência

É possível paralelizar sem problemas.

Loop de Colunas

Sem dependência

É possível paralelizar sem problemas.

Solução

Loop de Linhas

Usar o Loop de Linhas é melhor que o de colunas pois o cada thread é associada menos vezes a um intervalo de iteração do FOR.

Implementação

Parallel FOR Schedule - Auto e Dynamic

Loop de Linhas (Programa 1 e 2 Respectivamente)

```
#pragma omp parallel for schedule(auto)
for (int row = 0; row < width; row++) {
  const double cy = yMin + row * dw;
  for (int col = 0; col < width; col++) {···
  }
}
```

```
#pragma omp parallel for schedule(Dynamic)
for (int row = 0; row < width; row++) {
  const double cy = yMin + row * dw;
  for (int col = 0; col < width; col++) {···
  }
}
```

Resultados

Resultados Programa 1

Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	1024	64	53,16	1,00
2	1024	64	27,77	1,91
4	1024	64	14,71	3,61
8	1024	64	9,51	5,59

Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	1024	32	27,60	1,00
2	1024	32	14,46	1,91
4	1024	32	7,65	3,61
8	1024	32	5,03	5,49

64 e 32 Frames de 1024 Pixels

Resultados Programa 1

Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	512	64	13,23	1,00
2	512	64	6,95	1,90
4	512	64	3,67	3,60
8	512	64	2,40	5,51

Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	512	32	6,90	1,00
2	512	32	3,61	1,91
4	512	32	1,91	3,61
8	512	32	1,27	5,43

64 e 32 Frames de 512 Pixels

Resultados Programa 2

Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	1024	64	52,94	1,00
2	1024	64	27,15	1,95
4	1024	64	13,67	3,87
8	1024	64	8,50	6,23

Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	1024	32	27,62	1,00
2	1024	32	14,16	1,95
4	1024	32	7,14	3,87
8	1024	32	4,43	6,23

64 e 32 Frames de 1024 Pixels

Resultados Programa 2

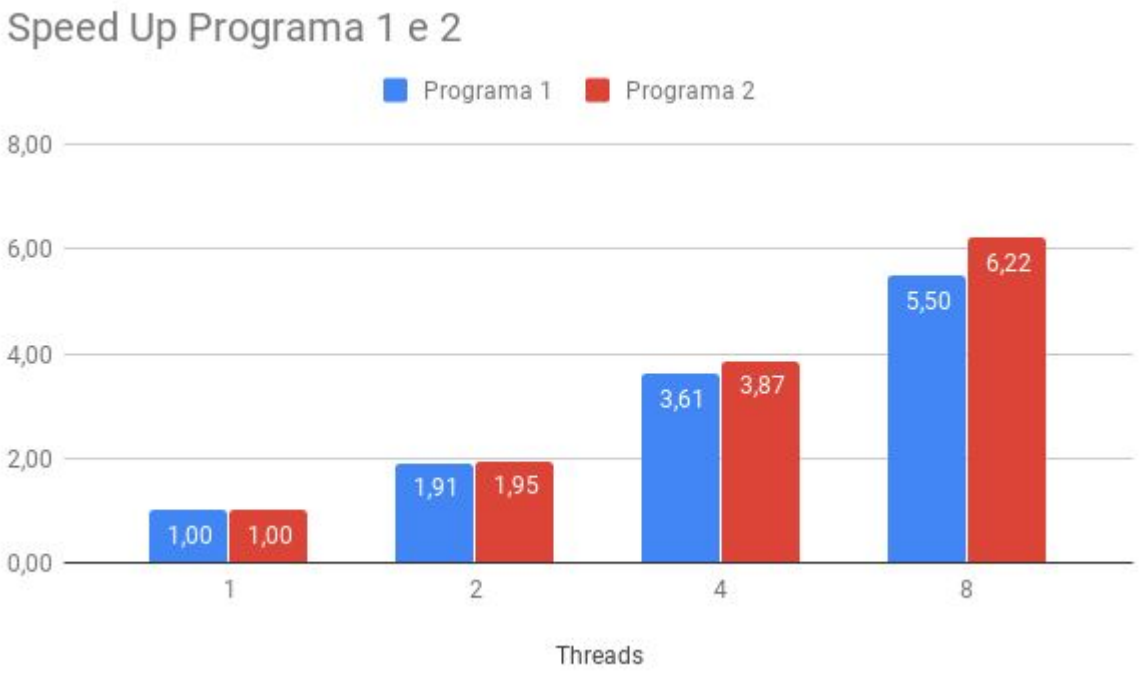
Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	512	64	13,22	1,00
2	512	64	6,78	1,95
4	512	64	3,42	3,87
8	512	64	2,13	6,21

Threads	Tamanho	Frames	Tempo(Segundos)	Speed Up
1	512	32	6,91	1,00
2	512	32	3,54	1,95
4	512	32	1,78	3,88
8	512	32	1,11	6,23

64 e 32 Frames de 512 Pixels

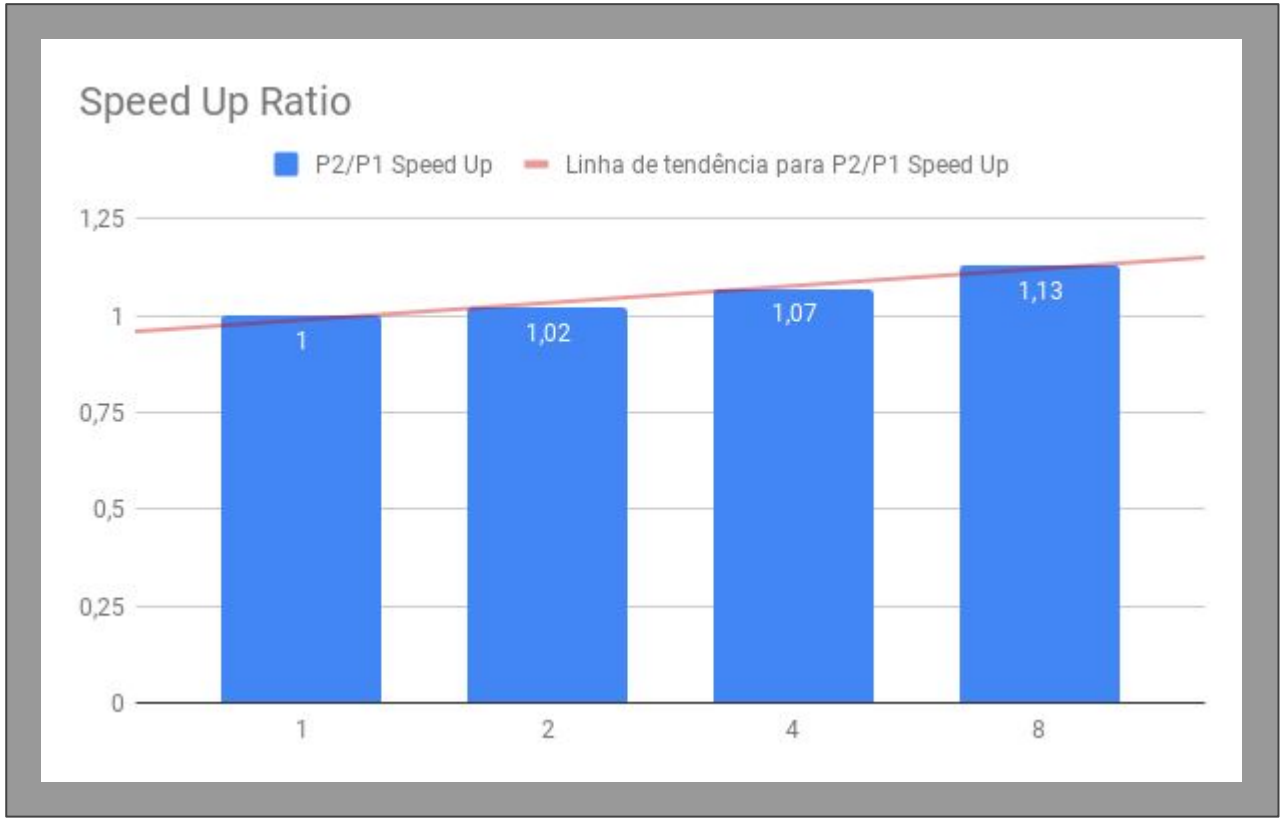
Comparativo Programa 1 e 2

Speed Up Programa 1 e 2



Speed Up Ratio

Conforme o número de Threads (Eixo X) aumenta, o desempenho do programa 2 em relação ao programa 1 aumenta linearmente.



Conclusão

Conclusão

Como foi possível observar o Programa 2 que usava Schedule Dynamic teve um desempenho superior ao Programa 1 que por sua vez usava Schedule Auto. De acordo com testes realizados o Schedule Auto estava implementando o método Static, que dividia em intervalos iguais o loop, sendo menos efetivo que o método Dynamic pois dependendo do intervalo do loop as contas podiam ficar mais ou menos complexas, favorecendo um método dinâmico de escalonamento.