

Relatório de Conclusão de Atividades

Vetorização do Modulo de Plumas (Plumerise) do Modelo CATT-BRAMS¹

Luiz Flávio Rodrigues
10/04/2006

1. Motivação:

O modelo de inserção de plumas na atmosfera (plumerise) utilizado no modelo CATT-BRAMS é lento quando rodado no supercomputador NEC-SX6. Entretanto tal modelo é de suma importância para melhorar os resultados obtidos no modelo de poluição, uma vez que insere as plumas em níveis adequados. O modelo sem o plumerise, atualmente em produção, mantém as plumas nas primeiras camadas, alterando sensivelmente a precisão dos dados obtidos.

2. Tarefas Realizadas:

As tarefas realizadas, modificações para melhoria da performance do modelo na maquina operacional do CPTEC, NEC-SX6, foram as seguintes:

- Retirada do uso de módulos (*MODULES*);
- Eliminação de variáveis declaradas com *SAVE* e *DATA*;
- Retirada de *bugs*, variáveis não inicializadas e invasões de área;
- Transformação de variáveis de valor fixo em parâmetros (*PARAMETER*);
- Eliminação do uso de variáveis via *USE*;
- Transformação das chamadas das rotinas para que as variáveis sejam passadas "por argumento";
- Alteração da disposição de subrotinas que apresentavam chamadas redundantes (*Set_Grid,Get_Fire_Properties*);

¹ Itens do cronograma: Redução do tempo de execução dos módulos de Difusão, Advecção, Plume Rise e Grell/Implementação de OpenMP/Integração do módulo de Plume Rise

- Mudança de estrutura de dados (Blocagem via *TYPE*) das variáveis de entrada para melhorar acesso a memória (*cache inclusive*) e permitir mudança nos laços internos;
- Alteração dos laços internos da estrutura k,i,j para estruturas com fusão das dimensões i e j , mudando-os para estrutura ij,k ;
- Inclusão de diretivas *OpenMP* para paralelização e melhor aproveitamento de máquinas multiprocessadas de memória central;
- Mudança nas diretivas de compilação para utilização de *inline* em funções e subrotinas da microfísica.

3. Resultados Obtidos:

O Modelo de plumerise foi rodado *stand-alone*, com um *set* de dados de entrada fixos. O novo modelo inicialmente faz uma mudança de estrutura nos dados de forma a permitir acessos consecutivos à memória e ao mesmo tempo transfere a dimensão k (vertical) para fora e une as dimensões i e j (latitude e longitude) transferindo-as para dentro, permitindo assim a vetorização. A transformação de uma estrutura em outra é feita somente nos pontos onde existe necessidade de cálculo. Os dados de entrada (extraídos de uma situação real) usados nos testes forneceram 833 colunas com necessidade de computação. A base do trabalho foi a vetorização do código, necessária para a máquina de produção do CPTEC. Os ganhos obtidos e tempo de rodadas executadas no NEC-SX6 são mostrados na figura 1. O código original rodava de forma serial em um tempo médio de 1030s. O Novo código com blocos de 460 bytes (ou próximos), reduziu o tempo em 4 vezes.

Num cluster *Xeon*² (Tambau) houve uma piora de performance para o modelo vetorizado. O Novo código, compilado com compilador Intel, apresentou um tempo de rodada cerca de 2,5 vezes mais lenta (figura 2). Entretanto

² 512Kb de Cache

mudanças de chave de compilação no compilador Intel e uso de outros compiladores melhoram os resultados.

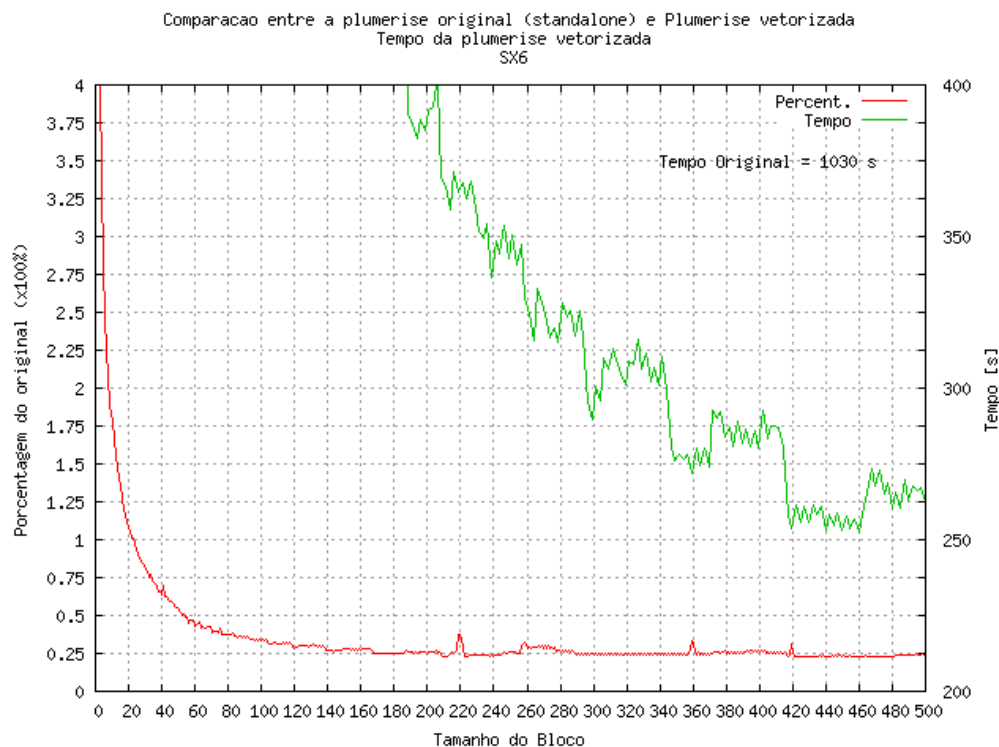


Figura 1.

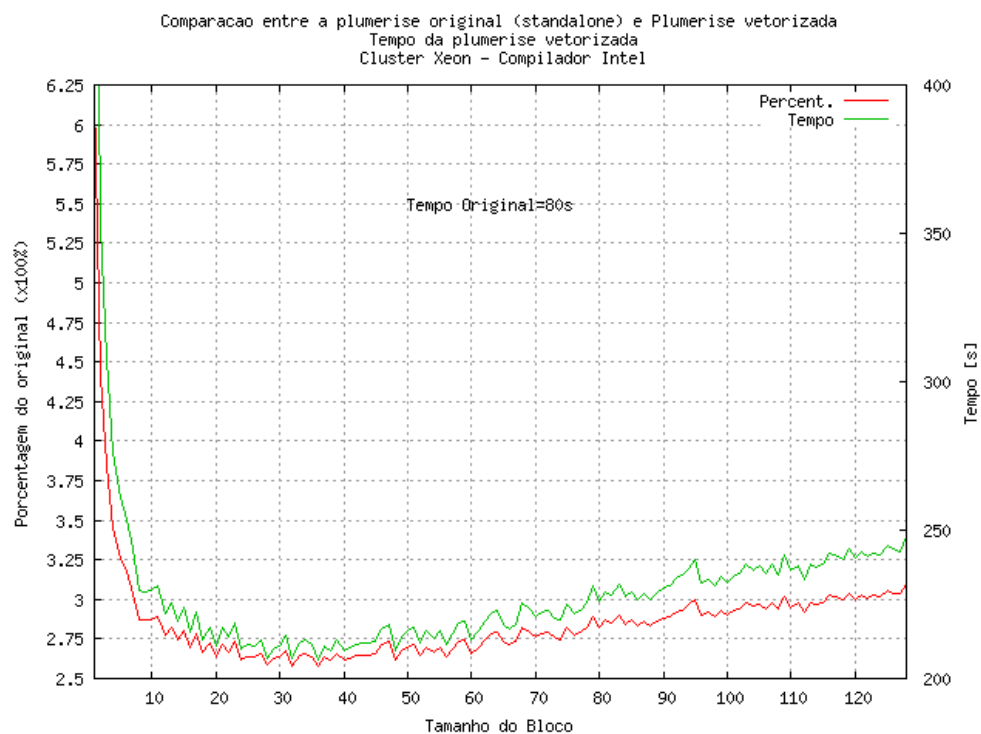


Figura 2

Os testes foram efetuados também em um cluster *Opteron*³, AMD, Os resultados estão próximos dos obtidos com cluster baseados em *Xeon*. O código foi compilado com três compiladores distintos, Portland PGF90, Intel IFORT e Pathscale. Os resultados estão mostrados no gráfico da figura 3. É importante salientar que o tamanho do bloco no “ótimo” da performance varia de máquina para máquina.

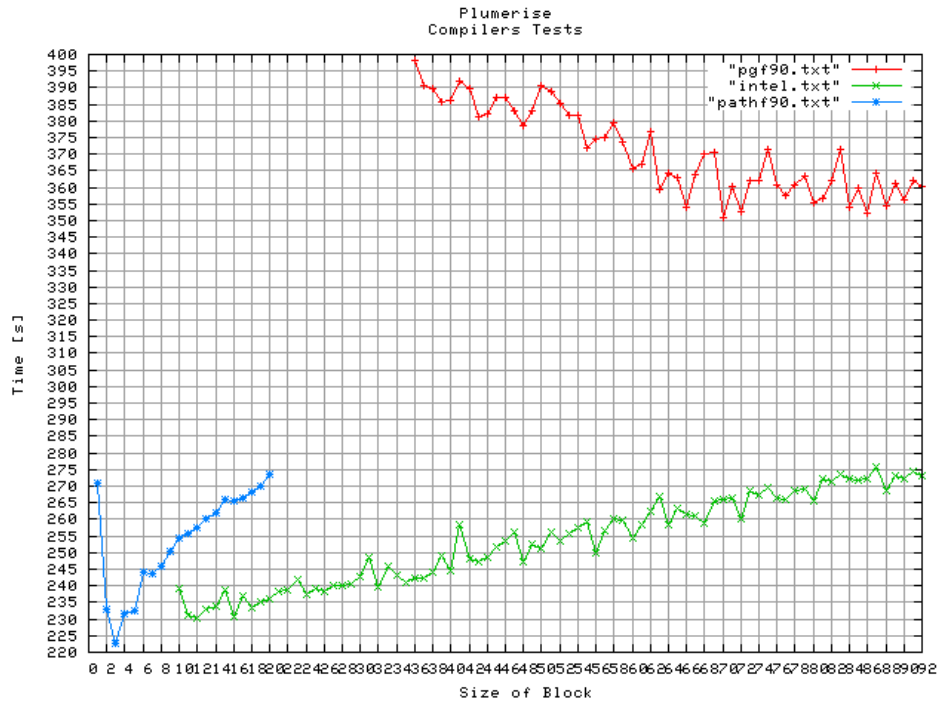


Figura 3

4. Escalabilidade OpenMP:

O *speedup* obtido em rodadas do modelo *stand-alone*, com *OpenMP* ligado, tanto no SX6 quanto no cluster Xeon é muito próximo do ideal. A parte serial do código é pequena e garante uma boa escalabilidade. Observa-se um ganho superior a 4 para rodadas com 4 processadores (2 *hyperthreading*) no cluster Intel. Tais resultados apontam na direção do uso de código misto (MPI e OpenMP) no modelo CATT-BRAMS. Os resultados obtidos estão mostrados no gráfico da figura 4.

³ 1MB de Cache

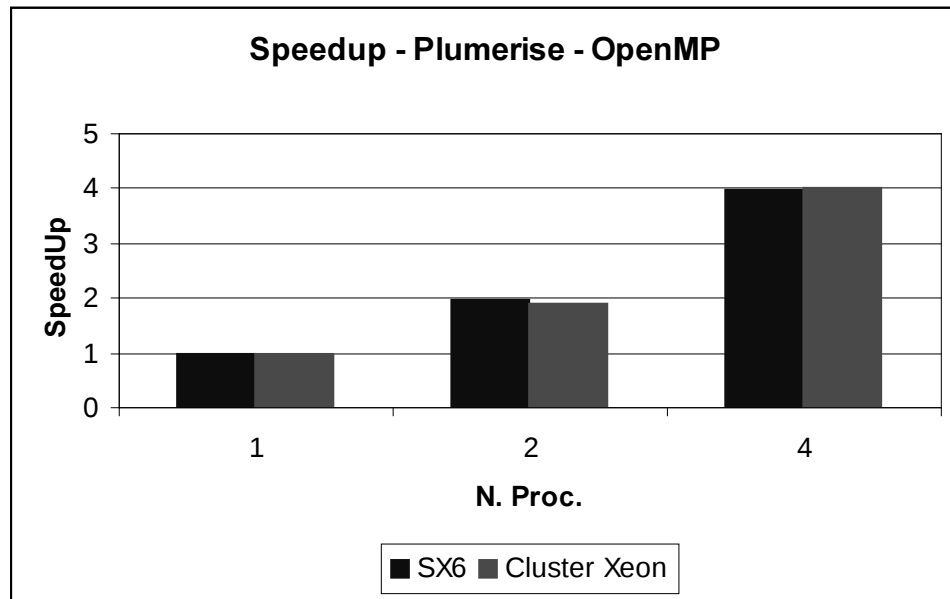


Figura 4.

5. Reprodutibilidade Binária:

O novo modelo, rodando *stand-alone* na máquina SX6, apresenta uma pequena diferença numérica para as variáveis de saída. Valores típicos da ordem de $10^{-6}\%$ foram encontrados. Tais diferenças estão dentro do limite aceitável pelo modelo. Quando o modelo foi acoplado ao *CATT-BRAMS* em testes nos Cluster, *Xeon* e *Opteron*, nenhuma diferença numérica foi encontrada. Com as opções de *OpenMP* no SX6 as mesmas diferenças encontradas nas rodadas seriais foram obtidas com até 4 processadores no código *stand-alone*

6. Conclusão:

Os testes foram considerados satisfatórios na máquina SX6. O código atende as necessidades impostas pelo projeto em máquinas vetoriais. Carece de um estudo mais profundo o desempenho em cluster de PC para averiguação do baixo desempenho em máquinas não vetoriais. O código está considerado pronto para ser acoplado ao modelo CATT-BRAMS.