

# A lista *Top 500*. Os 500 computadores mais poderosos do mundo.

Guilherme Tomás O'Connor de Lungarzo

RA: 041464

Aluno de Mestrado

guiocconnor@gmail.com

## ABSTRACT

A lista Top500 é uma lista que foi criada em 1993 e lançada duas vezes ao ano, em junho e em novembro. Ela contém os 500 computadores mais rápidos do mundo a cada semestre e visa detectar tendências no desenvolvimento de super computadores.

A médio da velocidade de um computador, para fins de entrar na lista, feita através do pacote *Linpack*, desenvolvido por Jack Dongarra.

Neste artigo, vamos apresentar uma perspectiva histórica do que a lista Top500 tem nos mostrado, analisar limites e possíveis cenários futuros e detectar algumas tendências. Também desejamos discutir a validade do *Linpack* como medida de desempenho.

## Categories and Subject Descriptors

B.8.2 [Performance and Reliability]: Performance Analysis and Design Aids

## General Terms

Performance

## Keywords

Top500, performance, trend, design

## 1. INTRODUCTION

A lista Top500 foi criada em 1993 para manter um registro atualizado lançado duas vezes por ano, em junho e em dezembro, dos 500 computadores mais poderosos do mundo.

O objetivo em se ter esta lista é possuir informação estatística necessária para detectar tendências a curto, médio e longo prazo no desenvolvimento de supercomputadores.

A médio do desempenho de um computador, para fins de

incluso na lista, a quantidade de operações de ponto flutuante obtidas por segundo na execução do pacote *Linpack*.

O *Linpack*, basicamente, um programa que resolve um enorme sistema linear. Sendo isto altamente paralelizável e muito intensivo em relação ao uso de CPU, a ideia que o uso deste pacote possa mostrar picos de processamento, sobrecarregando os gargalos que possam residir em outras partes do computador.

Uma operação de ponto flutuante chamada de FLOPS (Floating-point Operations per Second) e portanto a performance da máquina mostrada na lista em unidades de FLOPS, ou seus múltiplos.

## 2. BREVE HISTÓRIA DOS COMPUTADORES E SUPERCOMPUTADORES

O crescimento da velocidade dos computadores em princípio, se deu pela diminuição do tamanho do transistor. Baseado em observações empíricas, Gordon Moore, co-fundador da Intel, em um artigo publicado em abril de 1965, proclamou que o número de transistores em um processador dobraria a cada 24 meses, dobrando portanto a velocidade do processador.

Na primeira metade da década de 1970, a introdução de processadores vetoriais deu origem à moderna indústria de supercomputadores. Os computadores vetoriais eram capazes de velocidades próximas a uma ordem de grandeza maiores que os computadores convencionais.

Na primeira metade da década de 1980 a introdução de computadores vetoriais em ambientes de computação convencional deu mais força ao supercomputação, contudo, na segunda metade desta década, graças a incentivos do governo americano, houve um grande desenvolvimento de computadores de memória distribuída.

A grande vantagem dos computadores de memória distribuída que o custo do aumento de potência é muito baixo. Enquanto produzir processadores com maior frequência, com maior grau de paralelismo interno ou um paralelismo com memória compartilhada gera um custo de desenvolvimento muito alto, desenvolver sistemas com memória distribuída apenas impõe um custo de desenvolvimento da rede de comunicação.

Este desenvolvimento, eventualmente levou à criação dos clusters Beowulf, onde cada nó de processamento é individual e conectado ao sistema por redes convencionais. O custo de

crescimento de um cluster Beowulf praticamente polinomial.

A partir dos anos 2000, houve uma explosão de utilização de clusters, não apenas na academia, mas também para usuários finais de computação de alta performance. O número de clusters na Top500 subiu de apenas 7 em novembro de 1999 para 294 em novembro de 2004.

Em 2002, o surgimento do Earth Simulator, um super computador japonês, produzido pela NEC com processadores vetoriais proprietários e sua colocação no topo da lista com uma ampla margem em relação ao segundo colocado, colocou em questão a eficiência dos clusters construídos a partir de produtos de prateleira.

Mais recentemente, a construção do Blue Gene/L pela IBM, com uma abordagem totalmente nova visando juntar vantagens de ambas as construções parece fazer surgir uma nova linha de supercomputadores.

### 3. CRITÉRIOS PARA A MONTAGEM DE SUPERCOMPUTADORES

Enquanto no passado o principal critério utilizado no projeto, propagação e compra de supercomputadores era o poder de processamento, com o passar do tempo a visão foi mudando.

A criação de sistemas MPP, colocou em pauta a questão do custo/desempenho. Um dos motivos da explosão dos clusters durante o final da década de 1990 e início dos anos 2000 foi a facilidade e o baixo custo de se montar um cluster com produtos de prateleira, cuja escalabilidade se dava a um custo polinomial.

Contudo, essa escalabilidade não é infinita, ao que parece, alguns fatores impõem limites no tamanho que um sistema pode chegar a ter. Empiricamente, se constata que existe um teto de vidro quando se atinge o número de 10000 processadores.

Uma das causas desse limite é a capacidade de administrar um sistema desse tamanho. Quando o sistema cresce, a tolerância a falhas e a facilidade de substituição de hardware defeituoso são cruciais.

Além disso, outra limitação é o aproveitamento efetivo que uma aplicação real pode fazer de um sistema tão esparsos. As técnicas de programação atuais são muito rígidas e são possíveis um bom escalonamento para problemas muito bem comportados.

Existe a necessidade de técnicas de programação mais flexíveis para poder tirar proveito de máquinas com quantidades massivas de processadores.

Mais recentemente uma nova preocupação surge no horizonte dos critérios para a montagem de supercomputadores. O consumo de energia e, conseqüentemente, a dissipação de calor.

### 4. ARQUITETURA DO BLUE GENE/L

Atualmente o computador no topo da lista é o Blue Gene/L, desenvolvido pela IBM. O objetivo por trás do Blue Gene é ter uma escalabilidade que possa superar as centenas

de milhares de processadores e atingir vários TeraFLOPS de desempenho.

Para este projeto, ao invés de escolher processadores com alto desempenho, a IBM escolheu processadores de desempenho médio, mas com uma ótima relação consumo/desempenho. Esta escolha permite que um grande número de processadores possa ser colocado de maneira bastante coesa com um consumo de energia relativamente baixo.

Assim, cada processador PPC 400, processador usado no Blue Gene é um dual core e, na arquitetura do Blue Gene, colocado pareado em cada placa controladora. Placas controladoras são, por sua vez, escaladas e assim sucessivamente até preencherem um rack e os racks podem ser ligados entre si.

O Blue Gene montado hoje em dia está com metade da sua capacidade e está no topo da lista com uma performance de 135 TFLOPS.

### 5. A VALIDADE DO LINPACK COMO FERRAMENTA DE MEDIDA

Embora o Linpack seja a ferramenta de medida da lista Top500 e embora seja aceita como uma boa medida para esta competição, existem críticas quanto à sua validade para medir o desempenho de sistemas em relação a usos genéricos.

A verdade é que processamento não é a única característica importante de um computador, cada detalhe precisa ser balanceado para que não haja gargalos.

Pela sua natureza, o Linpack é altamente consumidor de processamento, mas utiliza muito pouca comunicação. Isto é ruim para medir o desempenho bruto de processamento, mas gera dúvidas quanto à validade dos seus resultados para aplicações genéricas que, eventualmente, necessitem de muito mais comunicação.

Como consequência, clientes de supercomputadores, estão adotando a prática de enviar pacotes de software real, a ser utilizado por eles, para testes no computador antes de comprá-lo.

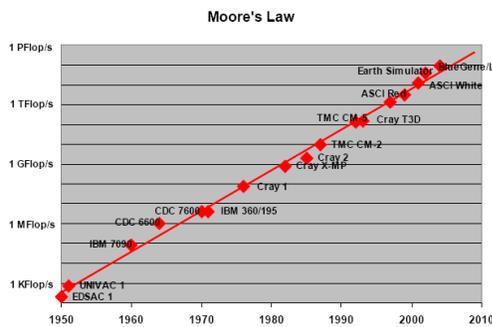
Não é possível ter um computador para uso genérico perfeitamente balanceado, mas é preciso levar em conta que esse balanço deve ser calculado da maneira mais realista possível.

### 6. ESTATÍSTICAS

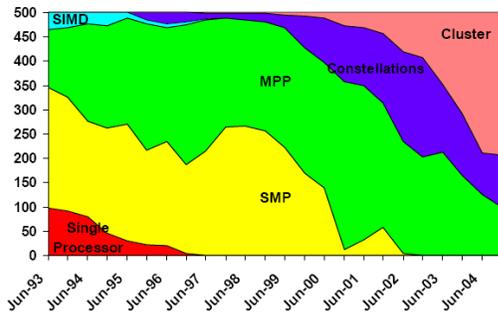
A partir da análise de dados de dentro e de fora da lista Top500 é possível ver que existem algumas tendências, uma delas é a lei de Moore, que pode ser observada na figura 6. Analisando a figura podemos ver que há uma tendência que a barreira do PetaFLOP seja quebrada por volta do ano 2009.

A lei de Moore já foi anunciada como esgotada para o crescimento da velocidade de um processador, mas vale lembrar que este gráfico mostra a velocidade do computador mais rápido, assim sendo o gráfico já incorpora o uso de múltiplos processadores.

A figura 6 mostra a tendência de arquiteturas de supercomputadores desde que a Top500 foi criada. Algumas conclusões



**Figure 1: Performance dos computadores mais rápidos das últimas 6 décadas comparados com a lei de Moore**



**Figure 2: Performance dos computadores mais rápidos das últimas 6 décadas comparados com a lei de Moore**

evidentes ao fim dos supercomputadores com processadores nicos e o posterior desaparecimento do SMP. Os clusters que tiveram um crescimento fenomenal, agora esto sendo integrados com solues proprietrias como o Blue Gene dando origem a novos paradigmas, mas devero permanecer na dianteira por um bom tempo.

Outra caracterstica que possvel perceber que o desempenho dos computadores no final da lista dobra a cada 13,5 meses, enquanto que no topo da lista dobra a cada 16,6 meses.

Em ambos os casos o crescimento mais rpido do que o previsto pela lei de Moore, mas, mais importante do que isso que como o crescimento do final da lista maior do que o do topo, ento a tendncia que as mquinas mais lentas da lista se aproximem das mais rpidas, deixando a lista mais homognea e criando, talvez, a necessidade de se aumentar o tamanho da lista no futuro.

## 7. CONCLUSÕES

Podemos perceber que apesar das mudanas nas arquiteturas e nos paradigmas, alguns dados numricos se mantm bastante estveis ao longo dos anos e possvel esperar certos valores no futuro, tais como ultrapassar a barreira do PetaFLOP por volta do ano 2009 e a aderncia ao grfico da Lei de Moore mesmo por mquinas com mltiplos processadores.

Tambm podemos concluir que a Top500 no uma lista abso-

luta de capacidade das mquinas, pois o equilbrio delas, no que diz respeito a outros gargalos que no o processamento bruto no avaliado.

Finalmente, conclumos que novos paradigmas de compilao e desenvolvimento so necessrios para poder aumentar a escalabilidade de supercomputadores.

## 8. REFERENCES

- [1] Erich Strohmaier and Jack J. Dongarra and Hans W. Meuer and Horst D. Simon, "Recent Trends in the Marketplace of High Performance Computing," (2005)
- [2] Jack J. Dongarra and Hans Meuer and Horst Simon and Erich Strohmaier, "High Performance Computing Today," (2000)
- [3] Gordon Bell, "A Brief History of Supercomputing: "the Crays, Clusters and Beowulfs, Centers. What Next?," (circa 2002)
- [4] Thorvald Natvig, "Blue Gene/L," (2005)
- [5] Dror G. Feitelson, "The Supercomputer Industry in Light of the Top500 Data," (2005)
- [6] Peter DaSilva, "A New Arms Race to Build the World's Mightiest Computer," (2005)
- [7] Alina Plesu, "What Is The Next Major Goal In Supercomputing?," (2005)