

# Um Cluster Virtual Automatizado para Reuso de Recursos Ociosos em um Laboratório Universitário de Uso Geral

David Beserra<sup>1</sup>, Alexandre Borba<sup>1</sup>, Mariel Andrade<sup>1</sup>, Alberto Araújo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica de Garanhuns – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
(UFRPE)  
Garanhuns – PE – Brasil

dw.beserra@gmail.com, {alexandre,mariel,aepa}@uag.ufrpe.br

**Abstract.** *It is observed that much of the processing power of personal computers is idle. How, for example, in the teaching laboratories of universities. This idle processing power can be used in HPC. In this paper we implemented a Beowulf Cluster virtualized with VirtualBox to reuse these resources. Tests were performed in order to compare their performance with a cluster of similar native hardware.*

**Resumo.** *Observa-se que muito da capacidade de processamento dos computadores pessoais fica ociosa. Como, por exemplo, nos laboratórios de ensino das universidades. Esse poder de processamento ocioso pode ser empregado em CAD. Neste artigo é implementado um Cluster Beowulf virtualizado com o VirtualBox para reaproveitar esses recursos. Foram executados testes com o objetivo de comparar a seu desempenho com o de um cluster nativo de hardware similar.*

## 1. Introdução

Os computadores atuais possuem grande poder de processamento em estado ocioso. Pode-se observar isso em laboratórios de ensino de informática em universidades. PCs (Personal Computers) em um laboratório de ensino são geralmente usados apenas durante parte do dia e desligados no período de tempo restante e durante feriados. Uma boa opção para utilizar o poder de processamento excedente é a criação de um cluster Beowulf virtualizado. Clusters virtuais permitem a criação de ambientes de testes de aplicações MPI em escala real, mesmo em um ambiente fisicamente limitado [Mergen et al. 2006]. Este artigo apresenta o cluster virtual Ayanami. É apresentada sua infraestrutura físico/lógica. Após isso, é realizada uma comparação do seu desempenho com o de um cluster dedicado de hardware similar com o intuito de verificar a sobrecarga da virtualização em termos de desempenho do sistema.

## 2. Ayanami Cluster

O cluster Ayanami é constituído por 8 PCs hospedeiros, com uma VM em cada (Figura 1). Cada hospedeiro tem um processador AMD X2 3.0 GHz, 4 GB RAM DDR III 1066 MHz e uma interface Ethernet de 1Gb. As máquinas estão conectadas em um switch Gigabit Ethernet Intelbras SG840. Os hospedeiros utilizam como sistema operacional o Ubuntu 11.10. A virtualização é providenciada pelo VirtualBox 4.1.18. Cada VM tem 2 CPUs (vCPUs) e 2GB de memória RAM. O SO do cluster é o Rocks Cluster 5.4.3.

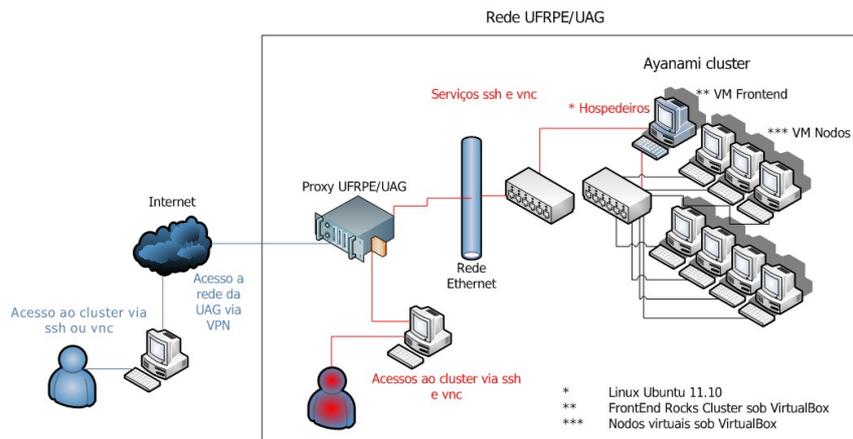


Figura 1. Arquitetura do cluster Ayanami.

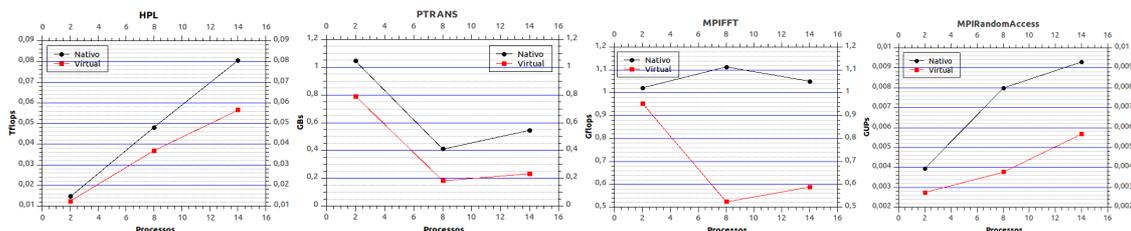
### 3. Ferramentas de Avaliação de Desempenho e Testes Realizados

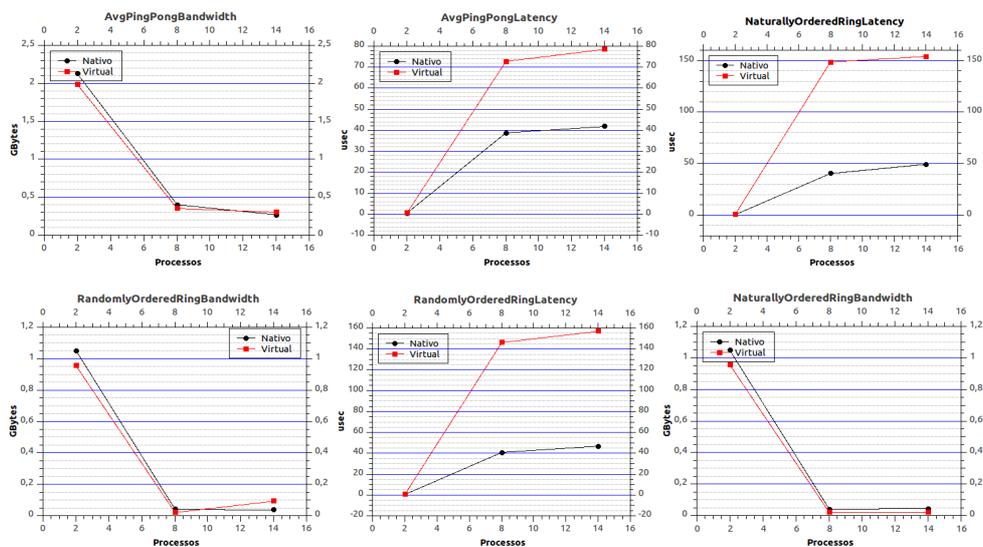
Existem diversas ferramentas para avaliar o desempenho de sistemas CAD. Escolhemos o HPCC por tratar tanto das capacidades globais, quanto locais do sistema [Luszczec et al. 2005]. O HPCC é constituído pela junção de algumas ferramentas já existentes: High Performance Linpack (HPL), parallel matrix transpose (PTRANS), memory bandwidth (STREAM), matrix multiply (DGEMM), Fast Fourier Transform (FFTE), random access (RandomAccess) e network bandwidth and latency (b\_eff).

Foram avaliadas duas configurações distintas de cluster. A primeira foi o cluster instalado em hardware nativo, sem virtualização. Os resultados obtidos são tomados como parâmetro para comparação com o desempenho da segunda configuração testada. Na segunda, são instalados os sistemas necessários dentro de VMs. Nesta configuração a única interface de rede disponível é compartilhada entre a VM e o hospedeiro. Durante os testes o HPCC foi configurado para utilizar 80% da memória disponível para o cluster, deixando 20% exclusivamente para a execução do SO dos nodos. Os testes foram executados com 2, 8 e 14 processos, com uma distribuição de 2 processos por nó. Os valores para o tamanho da matriz (N) a ser usada pelo HPL foram 12000, 24080 e 31840. O frontend não foi envolvido nos testes, ficando apenas a gerenciar o cluster.

### 4. Resultados e Discussão

A virtualização do cluster resultou em uma perda de desempenho na rede. Foi registrada latência média de aproximadamente 119% do resultado do nativo para 2 processos, 187,8% para 8 e 187,3% para 14 processos (Figura 2). A largura de banda obteve (em relação ao nativo) desempenho de 92,9% para 2 processos, 89,8% para 8 e 98% para 14 processos.





**Figura 2. Resultados dos testes com HPCC.**

Nos testes que fazem uso intensivo da CPU, como o HPL e o DGEMM, os resultados do Ayanami variam entre 70% e 88,5% em relação ao sistema nativo. A virtualização também impactou negativamente o desempenho da memória (vide Tabela 1). Esta tabela exhibe os resultados referentes a testes que acessam apenas a memória local dos nodos. O STREAM reportou sobrecarga devido a virtualização, com resultados atingindo aproximadamente 84,7% do sistema nativo.

**Tabela 1. Resultados dos testes de acesso local**

BENCHMARK	NATIVO	VIRTUALIZADO
StarDGEMM_Gflops	9,85001	8,744137333
SingleDGEMM_Gflops	10,04452367	8,774286
StarRandomAccess_GUPs	0,013110953	0,005348868
SingleRandomAccess_GUPs	0,014092833	0,005527176
StarSTREAM_Copy	3,28795351	3,150997
StarSTREAM_Scale	3,864843667	3,471394667
StarSTREAM_Add	4,264798333	3,616132333
StarSTREAM_Triad	4,560528667	3,792917333
StarFFT_Gflops	0,734954867	0,718336633
SingleFFT_Gflops	0,805772633	0,784321667

## 5. Trabalhos Relacionados

O reaproveitamento de recursos de laboratórios para CAD é algo novo e não são encontrados muitos trabalhos na literatura. Em [Simons e Buell 2010] é feita uma discussão das vantagens da virtualização para CAD. As principais vantagens encontradas são a obtenção de **escalabilidade, resiliência das aplicações, computação limpa, e heterogeneidade.**

Em [Bergman, Funston e Gilfreather-Crowley 2009] é tratado do reuso de laboratórios. Nesta solução o cluster Beowulf atua como camada base e os computadores para uso geral dos estudantes são as VMs. As VMs de uso geral tiveram alta sobrecarga. Já em [Beserra et al. 2011] um cluster virtual foi comparado com cluster nativo similar, operando em frequência idêntica aos dos PCs do laboratório. O

desempenho de processamento do cluster virtual foi similar ao cluster nativo e o de rede apresentou alta sobrecarga. Esse cluster foi comparado com um cluster de hardware diferente, mesmo que similar, o que restringiu a qualidade da avaliação.

Em [Johnson et al.2011] é apresentado um cluster virtualizado com o KVM. O cluster roda dentro de estações de trabalho Fedora de um laboratório. É comparado o desempenho de um cluster nativo com um virtual, com os testes sendo executados com o HPCC. Os resultados indicaram grandes perdas do virtualizado em relação ao nativo, e a adição de uma placa de rede extra não melhorou o desempenho de rede. Em [Wang et al. 2011] é apresentada outra solução para reaproveitar um laboratório para CAD. Sua solução carrega módulos do cluster nos hospedeiros via rede. O sistema foi comparado com dois clusters nativos, obtendo grandes perdas de desempenho.

## 6. Considerações Finais

Embora o cluster virtualizado tenha conseguido resultados bons nos testes de uso intensivo de CPU e memória, ainda apresenta graves deficiências no desempenho em rede. Isto mostra que, ao menos com este virtualizador, ainda é impossível alcançar um desempenho geral próximo de um sistema nativo dedicado. Clusters similares ao Ayanami podem utilizar os recursos ociosos de laboratórios de ensino para CAD de uma maneira simples e satisfatória, sendo implementados a baixo custo e ofertando auxílio valioso a este campo e ao ensino de programação paralela e distribuída.

## Referências

- Bergman, M. Funston, J. e Gilfreather-Crowley, P. (2009) “Low Cost Computer Clusters in Virtualized Lab Environments”, *Journal of Compute Science in Colleges*, vol. 25, p. 159-166
- Beserra, D.W.S.C., Souto, S.C.R.A., de Andrade, M.J.P, e Araújo, A.E.P. (2011) “Comparativo de desempenho de um cluster virtualizado em relação a um cluster convencional em condições equipotentes”, In *Anais do IX Workshop de Clouds, Grids e Aplicações, Campo Grande – MS, Brasil*.
- Johnson, E., Garrity, P., Yates, T., e Brown, R. (2011) “Performance of a Virtual Cluster in a General-purpose Teaching Laboratory”, In: *2011 IEEE International Conference on Cluster Computing*. pp 600-604.
- Mergen, M. F., Uhlig, V., Krieger, O., e Xenidis, J. (2006). *Virtualization for high-performance computing. SIGOPS Oper. Syst. Rev.*, 40(2):8-11.
- Wang, S., Li, C, Chang, H., Chen, H. e Hsu, C. (2011) "Developing an Automated Mechanism for Cluster Computing in Computadorized Classroom", *International Conference on Computational Science (ICCS 2011)*.
- Simons, J.E, e Buell J., (2011) “Virtualizing High Performance Computing”, In: *2011 IEEE International Conference on Cluster Computing*. pp 136-145.
- Luzczek, P. Dongarra, J.J., Koester, D., Rabenseifer, R., Lucas, B, Kepner, J. Mccalpin, Bailey, D. e Takahashi D, (2005) “Introduction to the HPC Challenge Benchmark suite”, *Tech. Rep.*