



ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM CLUSTER BEOWULF COM UTILIZAÇÃO DE TV BOX

Pedro H. B. SILVA¹; **João P. de T. GOMES**²; **Murilo D.M. INNOCENTINI**³; **Carlos E. FORMIGONI**⁴

RESUMO

Com a crescente demanda por poder computacional e aplicações cada vez mais complexas, onde muitas vezes não é possível executar um código de forma sequencial diante da grande quantidade de memória e processamento requeridos e ao alto custo de aquisição de *hardwares* mais robustos, então alternativas viáveis são necessárias. Sendo assim, um *cluster* projetado com *TVs box* pode suprir essa necessidade computacional. O equipamento foi alocado no laboratório de arquitetura de computadores do IFSULDEMINAS – Campus Passos como forma de suprir a ausência de um equipamento escalável que pudesse contribuir no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de computação de alto desempenho. Para analisar o desempenho foi utilizado o conceito da Lei de Amdahl e verificado o *speedup* de um algoritmo para cálculo de números primos utilizando a biblioteca *OpenMPI*. O desempenho foi comparado entre *clusters* de *TVs box* e *desktops*. Os resultados foram satisfatórios para o uso das *TVs box* em função da economicidade para o setor público, como ferramenta de apoio educacional de baixo custo, baixo consumo de energia e menor espaço físico necessário.

Palavras-chave: *OpenMPI*; Lei de Amdahl; *Speedup*; HPC.

1. INTRODUÇÃO

Apesar das técnicas de paralelismo existirem há alguns anos, o conceito de sistemas distribuídos e programação paralela se intensificou recentemente, principalmente, na busca de soluções e pesquisas avançadas em diversas áreas que necessitam de grande poder computacional, como mapeamento genético, computação gráfica, previsões meteorológicas, inteligência artificial, computação quântica, entre outras (BACELLAR, 2009). No entanto, a aquisição de um supercomputador tornou-se o gargalo para pesquisas de alto desempenho computacional em função do custo. Então, uma solução viável seria utilizar um sistema de computadores independentes formando uma arquitetura de *cluster* onde a infraestrutura base é constituída por um *hardware* convencional e um sistema operacional aberto (*Linux*) interligado por uma rede privada (KUMAR, 2009). Este modelo de *cluster* é conhecido por Beowulf e foi idealizado pelos pesquisadores Thomas Sterling e Donald J. Becker, da NASA, que para atender as necessidades de processamento paralelo de informações espaciais e desempenho necessário, sentiram-se motivados em atingir uma escala de processamento (na ordem de *Gigaflops*) com redução do custo de *hardware* (BACELLAR, 2009).

Sendo a configuração de um *cluster* Beowulf caracterizado por um *hardware*, muitas vezes

¹ Discente do curso de Bacharelado em Ciência da Computação, IFSULDEMINAS – Campus Passos. E-mail: pedro6.silva@alunos.ifsuldeminas.edu.br.

² Professor, IFSULDEMINAS – Campus Passos. E-mail: joao.gomes@ifsuldeminas.edu.br.

³ Professor, UNAERP – Campus Ribeirão Preto. E-mail: minnocentini@unaerp.br.

⁴ Professor, UNAERP – Campus Ribeirão Preto. E-mail: cformigoni@unaerp.br.

até obsoleto e, diante da parceria entre IFSULDEMINAS e Receita Federal do Brasil (RFB) onde receptores de *TV box* fruto de apreensões são destinados para transformação em minicomputadores, então, por que não um *cluster*? Nesta intenção de sustentabilidade das 2 instituições, o que antes era destruído integralmente e depositado em aterro sanitário está sendo reutilizado pela sociedade e, dessa forma, a responsabilidade socioambiental dos órgãos públicos em consonância aos princípios, objetivos e instrumentos de gerenciamento de resíduos sólidos instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, tem sido adotada (GOV.BR, 2023).

Contudo, aliando o reaproveitamento de um *hardware* de baixo custo (*TVs box*) à necessidade de disponibilizar um equipamento como apoio nas aulas práticas da disciplina de computação de alto desempenho (HPC) para executar códigos paralelos em *Message Passing Interface* (MPI) (SILVA et al, 2022) (THOMASSET e GROBE, 2023) foi proposto aos estudantes do 5º período do curso de Bacharelado em Ciência da Computação o projeto de construção de um *cluster* para mensurar o desempenho de códigos paralelos com base nas premissas da Lei de Amdahl (AMDAHL, 1967)(HILL e Marty, 2008).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para construção do *cluster* foram utilizados os componentes conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Material utilizado na construção do *cluster*

Item	Descrição	Quantidade
<i>TV box</i>	Modelo TX-6 com processador Cortex A53 de 1,7 MHz (4 núcleos) e memória de 2 GB	8
<i>Switch</i>	<i>Switch</i> D-link de 8 portas	1
MDF	MDF de 60x40 cm de 3 mm	3
Filtro de linha	Filtro de linha com 10 tomadas para as fontes	1
Adaptador	HDMI/VGA	1
Par-trançado	Pedaços de cabo par-trançado CAT 6 (mais ou menos 30 cm cada)	8
Conector	RJ-45	16
<i>Cooler</i>	80mm 12V	3
Fonte	12V/1A para os <i>coolers</i>	1

A montagem seguiu a arquitetura cliente/servidor onde as *TVs box* foram conectadas ao *switch* e a configuração do servidor e dos nós seguiu as orientações contidas no roteiro disponível em: <https://www.espacomaker-passos.com/laboratorios-e-materias-de-apoio>. A Figura 1 apresenta o *cluster* montado em um *rack* de MDF.



Figura 1 – (a) Encaixe tipo gaveta vertical; (b) Fixação de *coolers*; (c) Centro com *switch* e base com filtro e fontes

Para comparar e mensurar a viabilidade do uso de um *cluster* com *Tvs box*, foi montado um segundo *cluster* com utilização de 4 *desktops* Intel Core I5-3470- 3,2GHz - 4 Core(s)/PC - RAM: 8GB. Então, baseado na Lei de Amdahl, foi observado o *speedup* obtido através da execução de um código em MPI para cálculo de números primos com tamanho de $N = 1.000.000.000$ (código disponível em: https://github.com/jptgomes/HPC/blob/main/MPI_primo.c).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a execução do código, foi observado que nos testes com 1, 2 e 4 núcleos havia um superaquecimento das *Tvs box*, apresentando uma temperatura interna de aproximadamente 85 °C e travamentos ocorriam. Portanto, como solução, foram instalados 3 *coolers* de fonte ATX e percebeu-se uma queda na temperatura durante o processamento, com registros entre 65 °C e 68 °C. Então, o *rack* foi projetado para que houvesse a entrada de ar natural e o ar quente fosse retirado e, assim, permitir o bom funcionamento do *cluster* mesmo com altos volumes de dados em processamento. As Figuras 2 e 3 demonstram o resultado obtido.

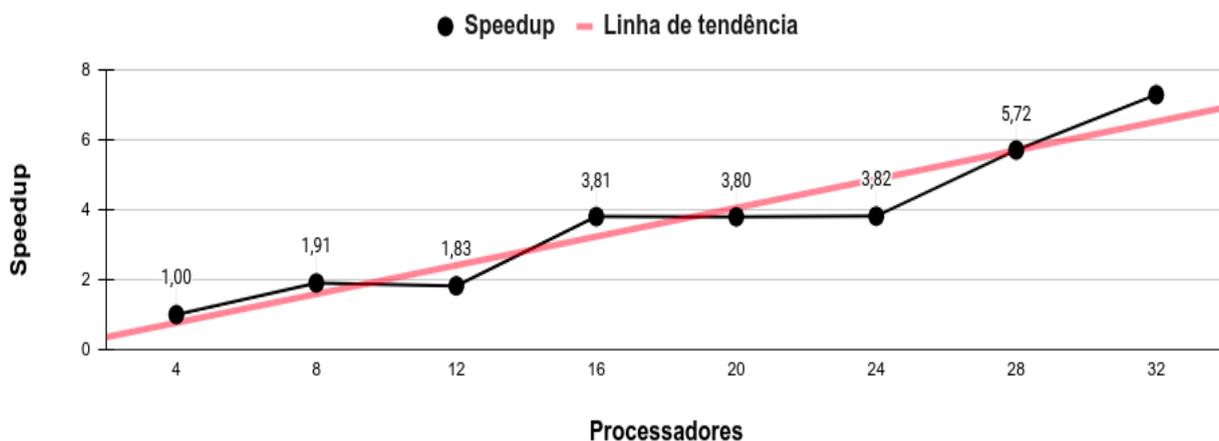


Figura 2 – Resultado da execução nas *TVs box*

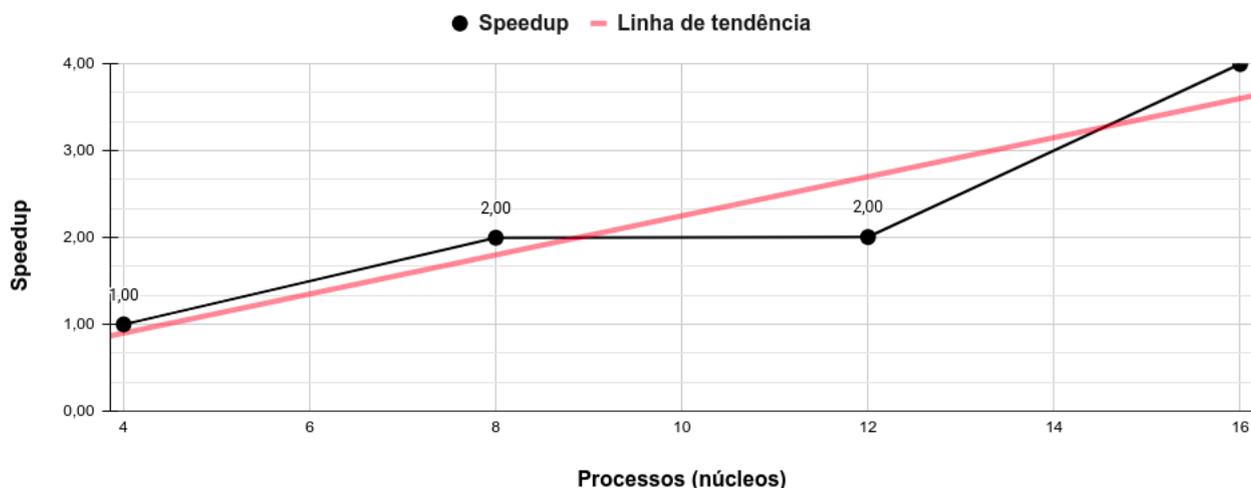


Figura 3 - Resultado da execução nos *desktops*

Analisando o resultado percebe-se que não há uma diferença muito relevante entre as duas concepções de *cluster*, mantendo um *Speedup* crescente, mas com valores próximos, o que indica o *cluster* com *TVs box* viável economicamente.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que um *cluster* com *TVs box* pode suprir a necessidade da proposta da disciplina de HPC com diversas vantagens como: economicidade para o setor público, como ferramenta de apoio educacional de baixo custo (aproximadamente R\$ 4.500,00 incluindo a aquisição das *box*, no entanto, através da doação da RFB este custo de construção do *cluster* seria em torno de R\$ 800,00), com baixo consumo de energia e menor espaço físico necessário. Este custo total equivale a aproximadamente 1/4 do custo equivalente aos *desktops*. Também pode ser utilizado em atividades de pesquisa que envolvem cálculos complexos e que demandam um resultado rápido e preciso. Como propostas futuras, pretende-se ampliar o *cluster* para a utilização de 48 *box*, totalizando 192 núcleos de processamento.

REFERÊNCIAS

- BACELLAR, H. V. **Cluster: Computação de alto desempenho**. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2009.
- G.M. AMDAHL. **Validity of the Single-Processor Approach to Achieving Large-Scale Computing Capabilities**. Reprinted from the AFIPS Conference Proceedings, Vol. 30 (Atlantic City, N.J., Apr. 18–20), AFIPS Press, Reston, Va., 1967, pp. 483–485, 2007. Disponível em: <<https://www3.cs.stonybrook.edu/~rezaul/Spring-2012/CSE613/reading/Amdahl-1967.pdf>>. Acesso em: 13/04/2023.
- GOV.BR. **DECRETO Nº 10.936, DE 12 DE JANEIRO DE 2022**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>>. Acesso em: 04/07/2023.
- GOV.BR. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 04/07/2023.
- HILL, Mark D., MARTY, Michael R. **Amdahl's Law in the Multicore Era**. Disponível em: <https://research.cs.wisc.edu/multifacet/papers/ieeecomputer08_amdahl_multicore.pdf>. Acesso em: 13/04/2023.
- KUMAR, Sanath. **Building a Beowulf Cluster in just 13 steps**. Disponível em: <<https://www.linux.com/training-tutorials/building-beowulf-cluster-just-13-steps/>>. Acesso em: 12/04/2023.
- SILVA, Gabriel P.; BIANCHINI, Calebe P.; COSTA, Evaldo B. **Programação Paralela e Distribuída com MPI, OpenMP e OpenACC para computação de alto desempenho**. Editora Casa do Código, 2022. 364 p. ISBN: 978-85-5519-303-3.
- THOMASSET, Daniel; GROBE, Michael. **Uma introdução à interface de passagem de mensagem (MPI) usando C**. Academic Computing Services. Universidade do Kansas. Disponível em: <<http://condor.cc.ku.edu/~grobe/docs/intro-MPI-C.shtml>>. Acesso em: 29/06/2023.