

Economia de Energia em Grades Computacionais Entre-Pares

Lesandro Ponciano, Francisco Brasileiro



Universidade Federal de Campina Grande
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Sumário

- Contexto
- Problema
- Economia de Energia
- Avaliação
 - Método
 - Resultados
 - Conclusões
- Contribuições

Contexto

Sistemas computacionais

- Têm sido desenvolvidos visando obter maior poder computacional a qualquer custo

Aumento no consumo de energia

- Implicações econômicas
- Implicações ambientais

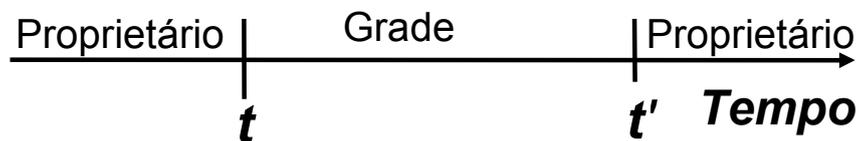
Grade Computacional

- Sistema de computação distribuída que federa recursos pertencentes a domínios administrativos diferentes

Grades Entre-Pares

Oferta de recursos

- Recursos utilizados de forma oportunista

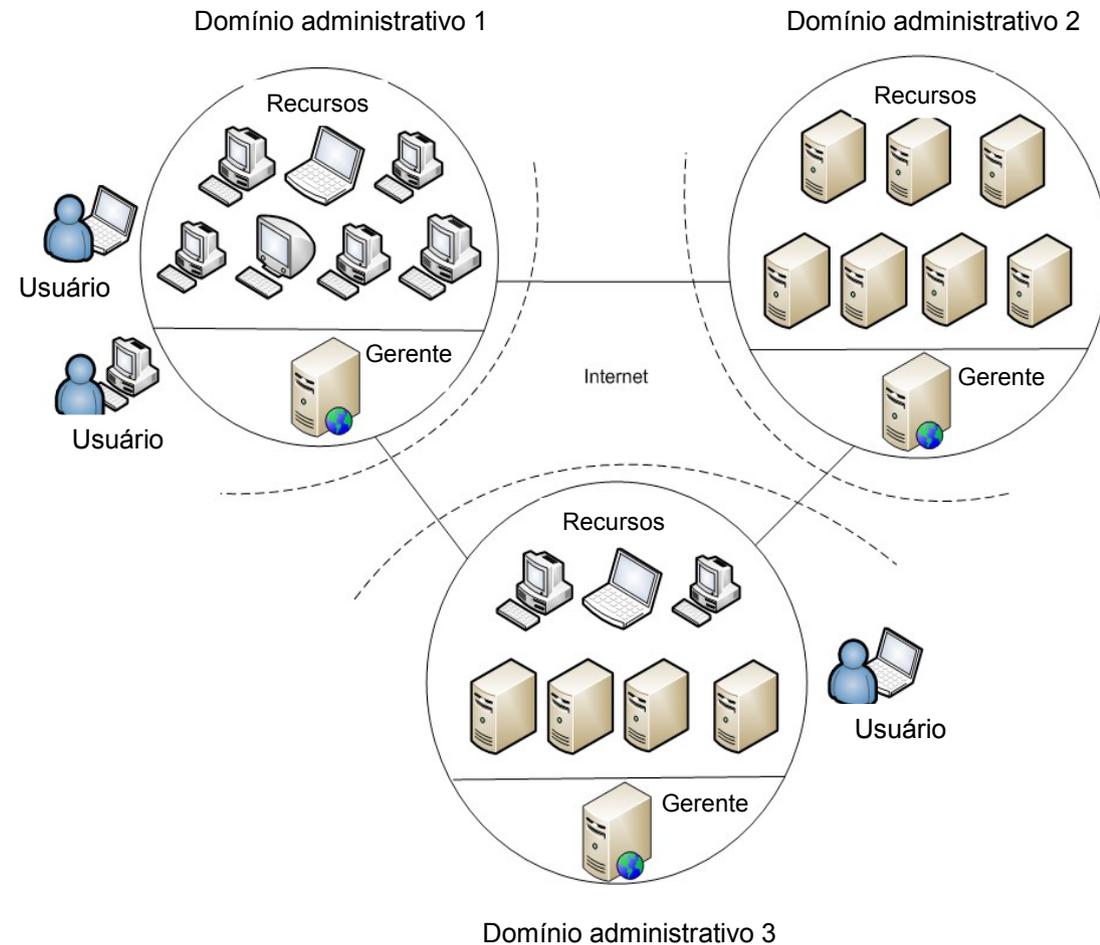


Demanda por recursos

- Aplicações *Bag-of-Tasks*
- Demanda em rajadas

Contenção

- Oferta < Demanda = Alta Contenção
- Oferta > Demanda = Baixa Contenção



Definição do Problema

Durante períodos de baixa contenção, existem recursos ociosos na grade

- Recursos que não estão em uso nem pela grade nem pelo usuário local

Desktops ociosos apresentam consumo de energia considerável

- Entre 49–78% do consumo de energia que apresentariam se estivessem executando alguma tarefa

Como reduzir o consumo de energia de recursos ociosos nos períodos em que a grade experimenta baixa contenção?

Estado da Prática

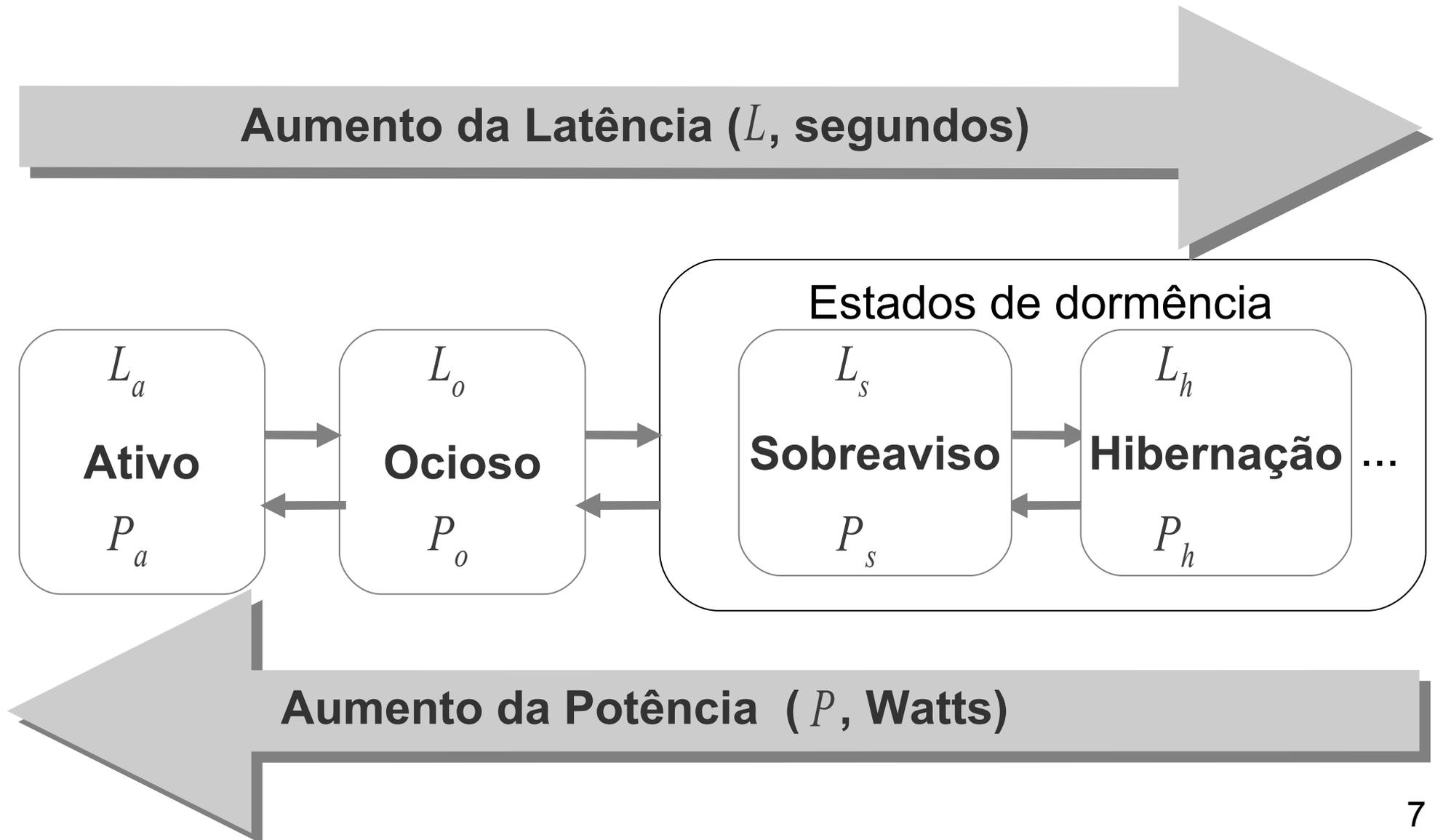
Estados de dormência em computadores

- Configuração Avançada e Interface de Energia (ACPI*)
- Sobreaviso (s3) - suspensão para a RAM
- Hibernação (s4) - suspensão para o disco

Sobreaviso e Hibernação

- Mantêm o estado da memória
- Permitem que a máquina seja acordada via *Wake-on-LAN*
- Interrompem as rotações do disco rígido, discos suportam em média 50.000 interrupções em 5 anos
- Apresentam um compromisso entre latência e potência

Compromisso entre Latência e Potência



Estratégias Investigadas

Estados de dormência

- Qual a relação custo/benefício apresentada pelos estados?

Tempo de inatividade

- Após quanto tempo de inatividade uma máquina deverá ser adormecida?

Escolha de recursos

- Como escolher quais recursos deverão ser acordados quando surgir uma demanda menor que a quantidade de recursos adormecidos?

Trabalhos Relacionados

Gerência da Energia

- Economia de energia em universidades [Talebi *et al.* 2009; *Energy Star* 2010]
- *Proxy-sleeping* [Reich *et al.* 2010; Das *et al.* 2010]

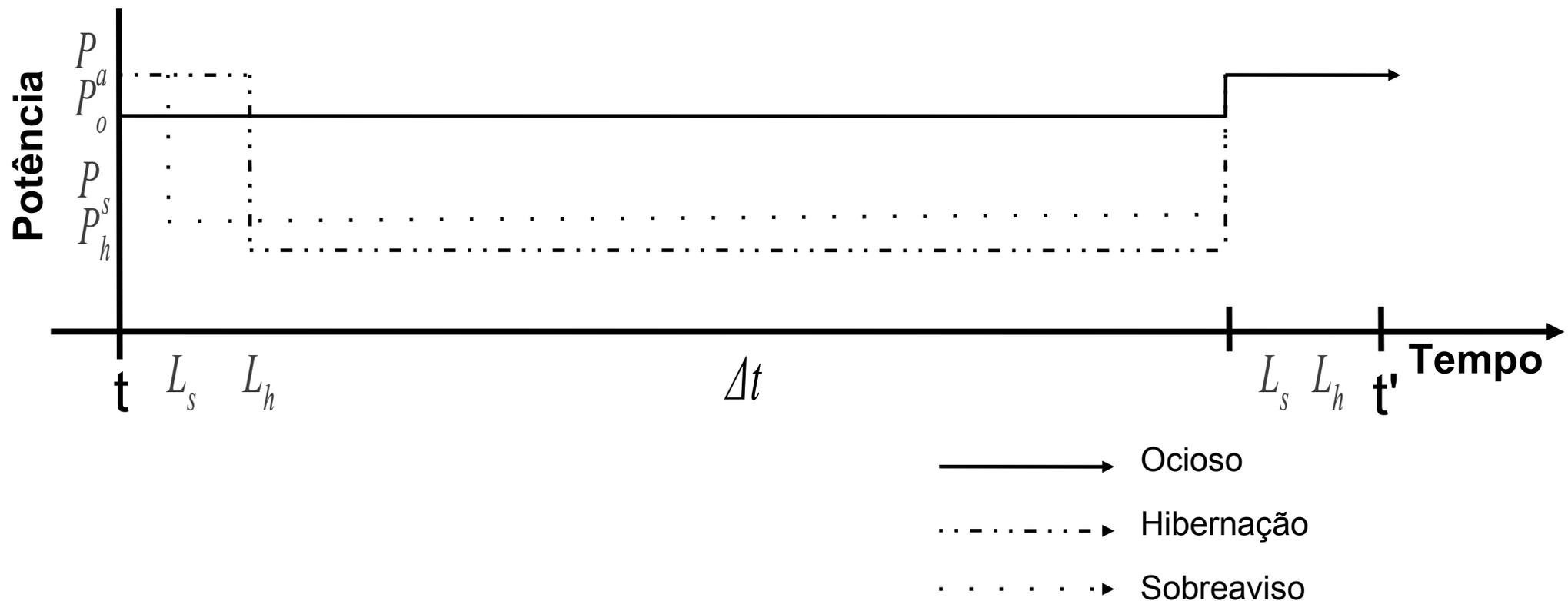
Escalonamento ciente do consumo de energia

- Ajuste dinâmico da voltagem e da frequência da CPU [Alberts, 2010; Lammie *et al.* 2009]
- Ambientes com reserva de recursos e aplicações com restrição de prazo [Garg *et al.* 2009; Pineau *et al.* 2011]

Não identificamos estudos sobre economia de energia nos períodos de baixa contenção em grades entre-pares

Estado de Dormiência

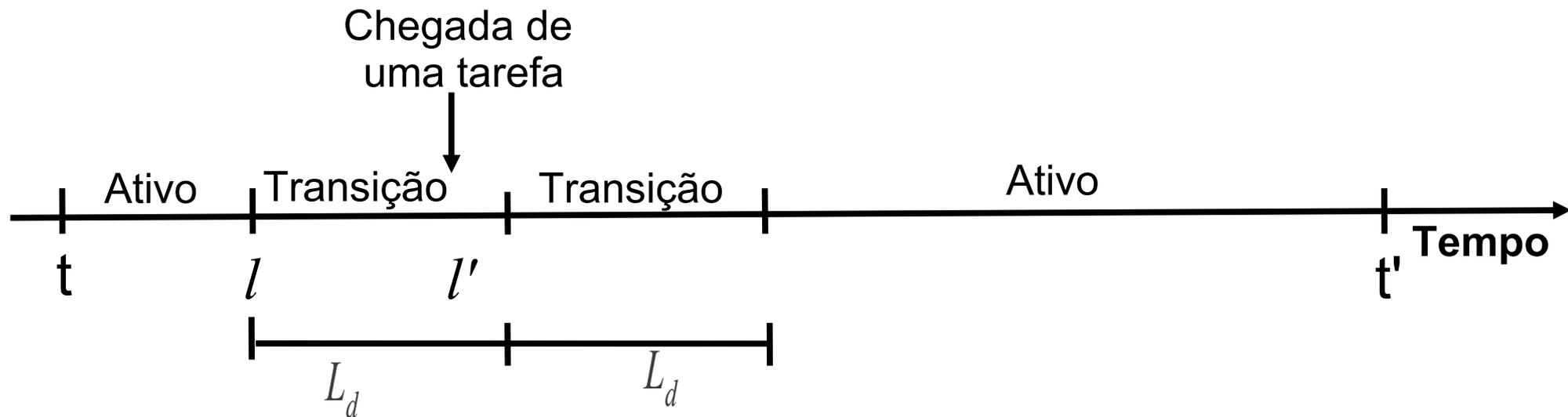
- Potencial dos estados de dormiência Sobreaviso e Hibernação de economizar energia em relação ao estado Ocioso



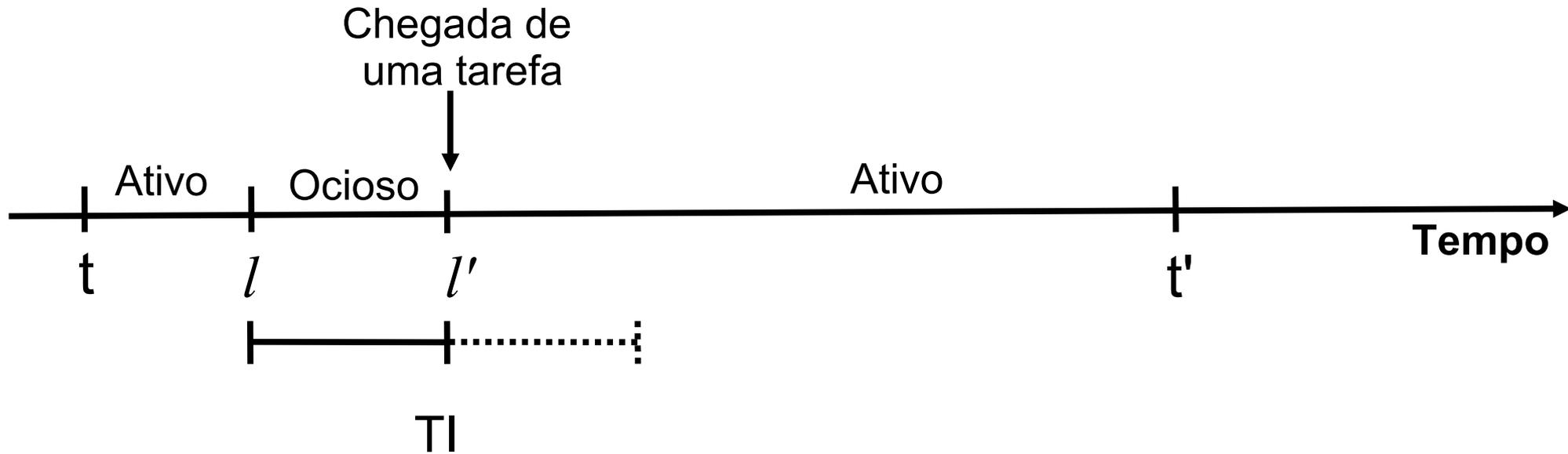
Tempo de Inatividade (TI)

Tempo máximo em que um recurso deve permanecer ocioso aguardando a chegada de uma nova tarefa

Problema com o não uso de TI



Compromisso no uso de TI



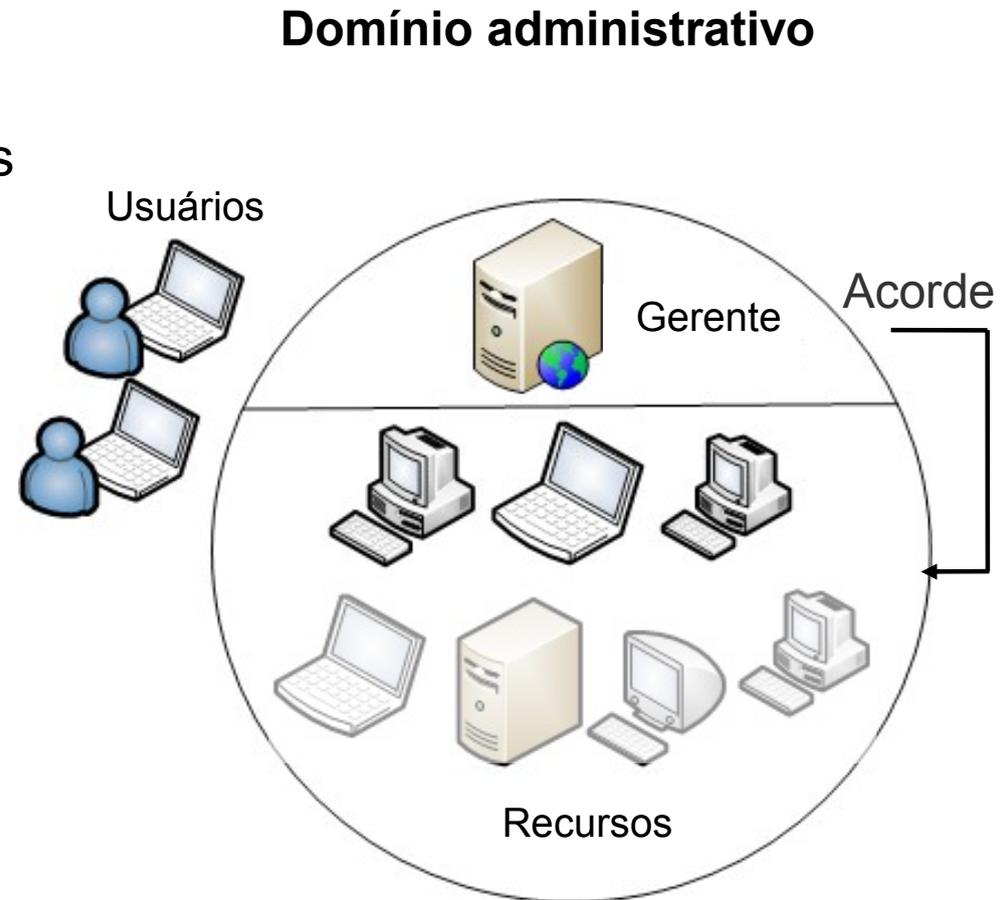
Escolha de Recursos

Least Recently Sleeping (LRS)

- Acorda primeiro os recursos menos recentemente adormecidos
- Esses recursos tendem a ter amortizado o custo de transição

Energy Aware (EA)

- Acorda primeiro os recursos mais eficientes no aspecto energético (frequência máxima de CPU/potência do estado ativo)
- Tende a manter ligados os recursos mais eficientes no aspecto energético



Modelo e Configuração das Simulações

Modelo

- Inspirado no *middleware* OurGrid
- Rede de favores como mecanismo de incentivo à colaboração entre domínios administrativos

Configuração

- Simulação da demanda por recursos
 - Tarefas *CPU-intensive* [Kondo et al., 2004; losup et al., 2011]
 - Modelo de tarefas executadas em grades reais (losup et al., 2008)
 - Rastro da grade OurGrid
- Simulação da oferta e variação na disponibilidade de recursos
 - Rastros do DEUG [Kondo et al. 2011]
 - Rastro da grade OurGrid

Cenários Avaliados

Estados de dormência

- Sobreaviso ($P=3,33$; $L=2,5$)
- Hibernação ($P=0,7$; $L=55$)
- Análise de sensibilidade

Tempo de Inatividade

- 7 níveis entre 0 e 1.800 segundos

Estratégia de Escolha

- EA e LRS
- Escolhe primeiro os recursos menos recentemente adormecidos (MRS)
- Escolhe os recursos de forma aleatória

Contenção

- Fixa a demanda e varia o número de recursos na grade de 60 a 600, em 3 domínios administrativos

Métricas de Avaliação

Avaliação de uma configuração A em relação a uma configuração de referência \bar{A}

- Número de transições
- Economia de energia

$$\xi^A = \frac{E^{\bar{A}} - E^A}{E^{\bar{A}}} \times 100, \text{ onde } E^X \text{ é a energia consumida } (P \times \Delta t)$$

pela configuração X

- Atraso no tempo de resposta

$$\beta^A = \frac{m^A - m^{\bar{A}}}{m^{\bar{A}}} \times 100, \text{ onde } m^X \text{ é o tempo de resposta da}$$

aplicação na configuração X

Estratégias de Dormência

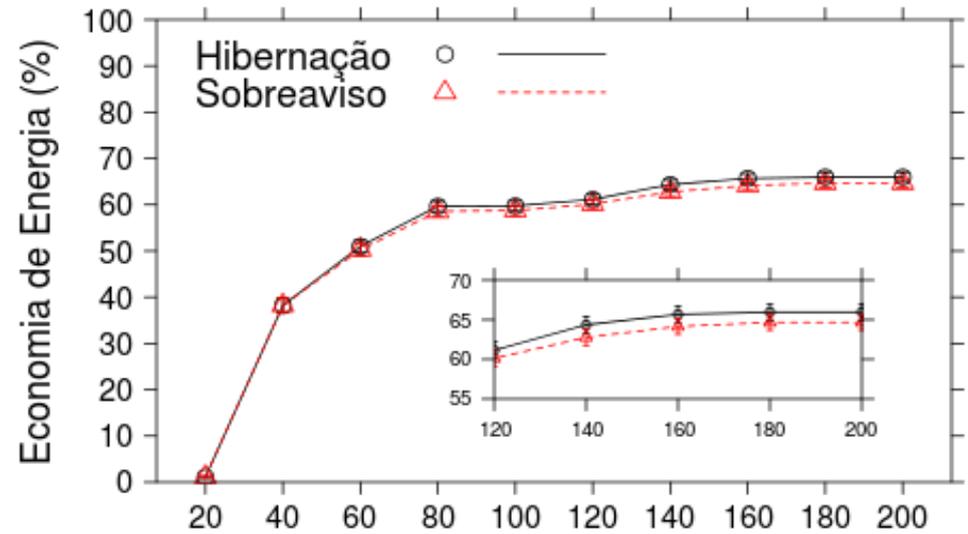
Configuração da grade

- Escolha = MRS
- TI = 0

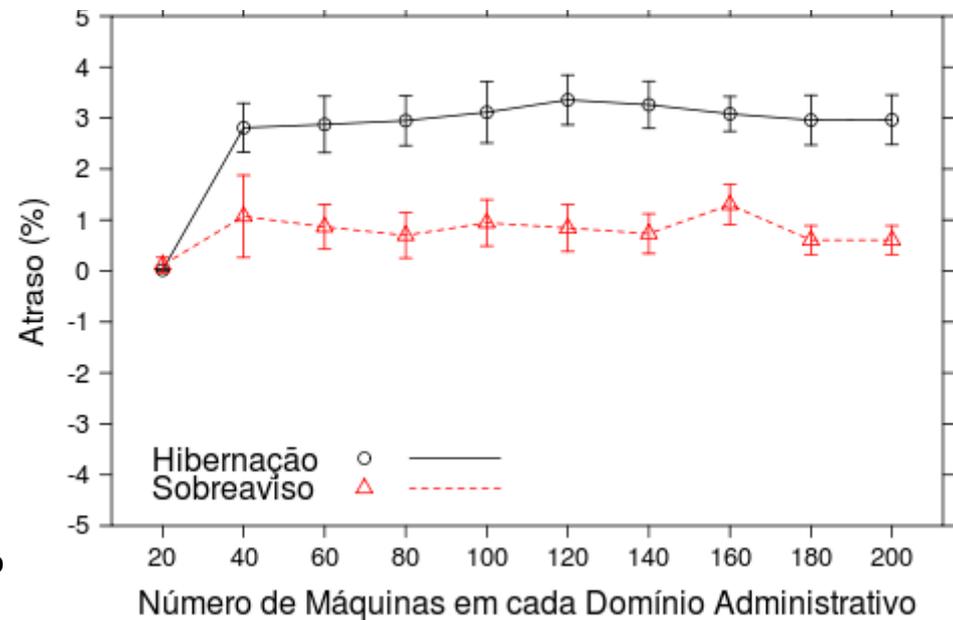
Resultados

- Até 65,53% de economia
- Até 3,8% de atraso
- Sobreaviso gera menor atraso

Barras de erro para um nível de confiança de 95%



Número de Máquinas em cada Domínio Administrativo



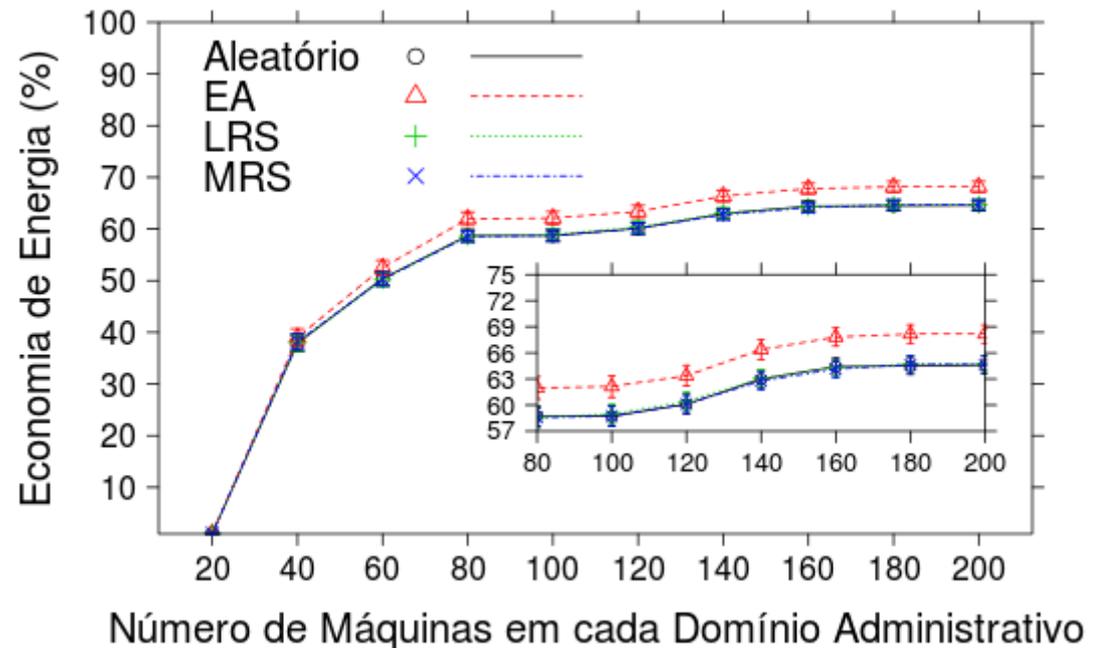
Estratégias de Escolha

Configuração da grade

- TI=0
- Sobreaviso

Resultados

- EA permite aumentar a economia de energia em até 3%



Barras de erro para um nível de confiança de 95%

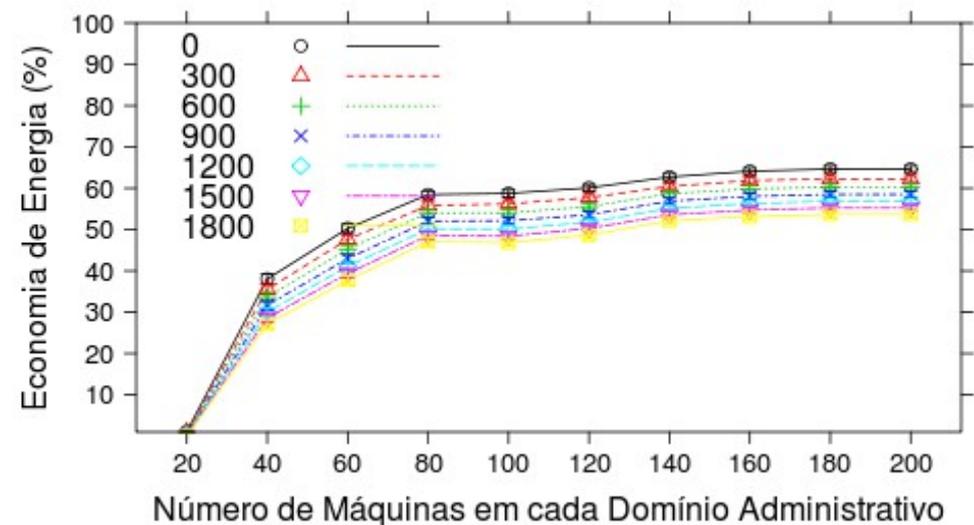
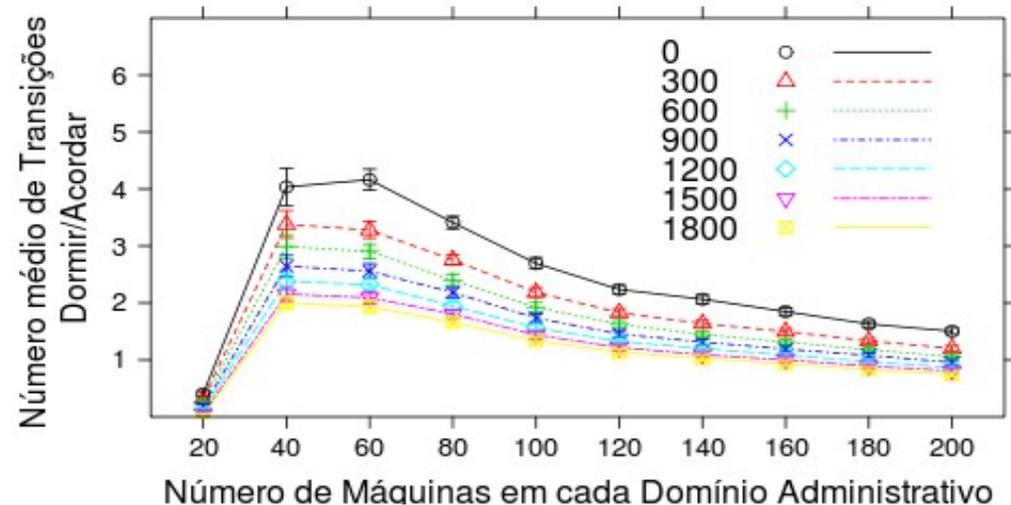
Tempos de Inatividade

Configuração da grade

- Escolha: MRS
- Sobreaviso

Resultados

- No pior caso, gasta-se 16,67% do limite de transições estimada pelos fabricantes
- Aumentar TI mostra-se eficaz em reduzir o número de transições, mas gera redução na economia de energia



Barras de erro para um nível de confiança de 95%

Conclusões

Sobreaviso e Hibernação

- Aproximadamente 65% de economia em relação ao estado ocioso
- Sobreaviso apresenta um atraso máximo de 2,0% contra 3,8% de Hibernação
- No pior caso, realizam 16,67% do limite de transições suportadas pelos discos

Escolha de recursos

- Aumento de 3% na economia com o uso de uma estratégia que considera a eficiência energética dos recursos

Tempo de inatividade

- Permite reduzir o número de transições com um custo associado em termos da redução na economia de energia

Possibilidades de Impacto

The image shows a screenshot of the OurGrid website. At the top, there is a navigation bar with links for 'ourgrid.org', 'status', 'portal', and 'charts'. Below this is a large blue banner with the 'OurGrid' logo and a graphic of white lines connecting nodes. Underneath the banner is a secondary navigation bar with links: 'Home', 'Overview', 'What's new', 'Installing a Site', 'Running a Job', 'Download', 'Get Involved', and 'Related Projects'. The main content area features a promotional banner for 'OurGrid 4.3.0' with the tagline 'Fast, secure, easy to use and open-source!'. The banner includes a description of the software as an open-source peer-to-peer grid middleware and a 'Get it Running Now!' button. On the left side of the banner, there are three overlapping screenshots of the software's user interface, showing 'XMPP Information', 'Main Actions', and 'Basic settings' panels. At the bottom of the banner, there are social media sharing icons for '+1', 'Like', and 'Tweet'.

Comunidade OurGrid

- Implementação das estratégias no sistema de *middleware* OurGrid, versão 5.0

GridUFCG

- Implantação das estratégias no GridUFCG, que agregará mais de 1.000 *desktops*

Imagem do OurGrid 4.3.0, versão lançada em 12/06/2012 www.ourgrid.org

Contribuição e subprodutos

Principal contribuição

- Avaliação do impacto de estratégias de economia de energia em grades computacionais entre-pares

Subprodutos

- Ponciano, Lesandro and Brasileiro, Francisco. **Assessing Green Strategies in Peer-to-Peer Opportunistic Grids**. *Journal of Grid Computing*. 2012
- Ponciano *et. al.* **Usando as estratégias Sobreaviso e Hibernação para Economizar Energia em Grades Computacionais Oportunistas**. *Revista Brasileira de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*. 2011.
- Ponciano *et. al.* **Análise de estratégias de computação verde em Grades Computacionais Oportunistas**. *XXIX Simpósio Brasileiro de Redes de computadores e Sistemas Distribuídos* 2010.
- Ponciano, Lesandro and Brasileiro, Francisco. **On the impact of energy saving strategies in Opportunistic grids**. *Energy Efficient Cloud Grid and Applications*. *Grid Computing*. 2010.

Obrigado

Lesandro Ponciano

lesandrop@lsd.ufcg.edu.br

Francisco Brasileiro

fubica@dsc.ufcg.edu.br

Referências

- Mujtaba Talebi and Thomas Way. Methods, metrics and motivation for a green computer science program. SIGCSE Bull., 41:362–366, March 200
- Energy Star: http://www.energystar.gov/index.cfm?c=power_mgt.pr_pm_step1
- Kamal Sharma and Sanjeev Aggarwal. Energy aware scheduling on desktop grid environment with static performance prediction. In Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference, SpringSim '09, pages 105:1–105:8, San Diego, CA, USA, 2009. Society for Computer Simulation International.
- M. Lammie, P. Brenner, and D. Thain. Scheduling grid workloads on multicore clusters to minimize energy and maximize performance. In 10th IEEE/ACM International Conference on Grid Computing, 2009, pages 145 –152, 2009.
- Lammie et al. (2009) Scheduling Grid Workload on Multicore Clusters to Minimize Energy and Miximize Performance
- Condor Project. Condor version 7.4.4, 2010. Disponível em: <http://www.cs.wisc.edu/condor/>. Último acesso em dezembro de 2010.

Referências

- Alexandru Iosup, Ozan Sonmez, Shanny Anoep, and Dick Epema. The performance of bags-of-tasks in large-scale distributed systems. In Proceedings of the 17th international symposium on High performance distributed computing, HPDC '08, pages 97–108, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- Joshua Reich, Michel Goraczko, Aman Kansal, and Jitendra Padhye. Sleepless in seattle no longer. In Proceedings of the 2010 USENIX conference on USENIX annual technical conference, USENIXATC'10, pages 17–17, Berkeley, CA, USA, 2010. USENIX Association.
- Lesandro Ponciano and Francisco Brasileiro. On the impact of energy-saving strategies in opportunistic grids. In Energy Efficient Grids, Clouds and Clusters Workshop, proceedings of the 11th ACM-IEEE International Conference on Grid Computing (Grid 2010), pages 282 – 289, Bruxelas, Bélgica, 2010. ACM-IEEE.
- Lesandro Ponciano, Francisco Brasileiro, Jaíndson Santana, Marcus Carvalho, and Matheus Gaudencio. Usando as estratégias sobreaviso e hibernação para economizar energia em grades computacionais oportunistas. Revista Brasileira de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2011.

Referências

- Lesandro Ponciano, Jaíndson Santana, Marcus Carvalho, Matheus Gaudencio, and Francisco Brasileiro. Análise de estratégias de computação verde em grades computacionais oportunistas. In Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, pages 307–320, Porto Alegre, Brasil, may 2010. SBC.
- Ponciano, Lesandro and Brasileiro, Francisco. Assessing Green Strategies in Peer-to-Peer Opportunistic Grids. *Journal of Grid Computing*. 2012
- Saurabh Kumar Garg and Rajkumar Buyya. Exploiting heterogeneity in grid computing for energy-efficient resource allocation, 2009.
- Canonical Ltd. Power management in ubuntu. Disponível em: <https://wiki.ubuntu.com/power-management-in-Ubuntu>. Último acesso em janeiro de 2011.
- Microsoft Corporation. Windows power management. Disponível em: <http://www.microsoft.com/whdc/archive/winpowmgmt.mspx>. Último acesso em janeiro de 2011.