



Pós-Graduação em Ciência da Computação

**“AVALIANDO SENSIBILIDADE A CONTEXTO NA
GESTÃO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA”**

Por

JULIO GUILHERME GLASNER DE MAIA CHAGAS

Dissertação de Mestrado Profissional



Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~posgraduacao

RECIFE, ABRIL/2009



Universidade Federal de Pernambuco

CENTRO DE INFORMÁTICA

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Julio Guilherme Glasner de Maia Chagas

***“Avaliando sensibilidade a contexto na gestão eficiente
de energia elétrica”***

**Este trabalho foi apresentado à Pós-Graduação em Ciência da
Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre Profissional em Ciência da Computação.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos André Guimarães Ferraz

RECIFE, ABRIL/2009

Chagas, Julio Guilherme Glasner de Maia

Avaliando sensibilidade a contexto na gestão eficiente de energia elétrica / Julio Guilherme Glasner de Maia Chagas. - Recife: O Autor, 2009.

58 folhas : il., fig., tab., gráf.

Dissertação (mestrado profissional) Universidade Federal de Pernambuco. CIn. Ciência da Computação, 2009.

Inclui bibliografia.

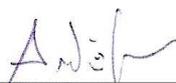
1. Sistemas distribuídos. 2. Sensibilidade a contexto. I. Título.

004.36

CDD (22. ed.)

MEI2010 – 0139

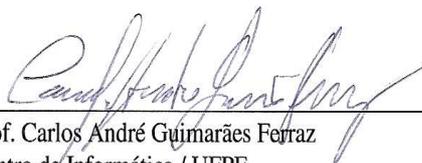
Dissertação de Mestrado Profissional apresentada por **Júlio Guilherme Glasner de Maia Chagas** Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título, “**Avaliando Sensibilidade a Contexto na Gestão Eficiente de Energia Elétrica**”, orientada pelo **Prof. Carlos André Guimarães Ferraz** e aprovada pela Banca Examinadora formada pelos professores:



Prof. André Luís de Medeiros Santos
Centro de Informática / UFPE



Prof. Andre Menezes Marques das Neves
Centro de Artes e Comunicação / UFPE



Prof. Carlos André Guimarães Ferraz
Centro de Informática / UFPE

Visto e permitida a impressão.
Recife, 28 de abril de 2009.



Prof. FRANCISCO DE ASSIS TENÓRIO DE CARVALHO
Coordenador da Pós-Graduação em Ciência da Computação do
Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Dedico este trabalho aos meus pais MAIA e ZIZA que, além de terem sido grandes exemplos para minha formação moral, nunca mediram esforços para a minha formação intelectual. De lá do Céu, sinto o apoio e a aprovação que sempre tive o prazer de receber.

AGRADECIMENTOS

São muitos os agradecimentos a fazer na conclusão desse trabalho. Acima de tudo a Deus pela presença constante em meu coração e à minha família, por compreender as minhas ausências e pelas animadoras palavras de incentivo de sempre. Ao Professor Edson Costa, que me apresentou o programa do Mestrado Profissional do Centro de Informática da UFPE- CIn, e me estimulou a fazer parte de sua primeira turma. Ao Centro de Informática, na pessoa do diretor Professor Paulo Cunha, que custeou a minha participação no programa e a implantação do experimento. Ao Professor Carlos Ferraz que topou me orientar, aceitando o desafio de experimentar uma abordagem nova, e mais focada na prática, de uma dissertação para um mestrado profissional. A Ana Paula Alves e Gustavo Carvalho, que desenvolveram o *middleware* CAMPS, e sua versão simplificada para a aplicação no experimento. Ao amigo Paulo Urbano que me apoiou, juntamente com o C.E.S.A.R na adoção do microcontrolador utilizado para montar o CAMPS controller, e a Diógenes Vila Nova que programou o dispositivo. A toda a equipe da oficina e do suporte do CIn. Nominalmente a Carlos Melo, Clécio Costa, Passira, Diogo e Mário Sérgio, que me ajudaram na instalação física do controlador nos laboratórios, a Jorge Muniz , Rodrigo Rosa, Cláudio Dantas, Juliana Andrade, Nadja Lins e Raoni, que colaboraram com o desenvolvimento dos scripts para a contagem dos usuários e Shutdown nos laboratórios, além do acesso e registro do CAMPS no sistema de rede do CIn. A Luis e José Carlos, da gestão das subestações da UFPE, no apoio na instalação do medidor digital de energia. A Leila, pela cobrança e incentivo para o cumprimento dos prazos. A Guila que me ajudou na depuração e solução de pendências na aplicação do CAMPS, a Flávia e Dione Bayma pela força no abstract e a Fátima Glasner pelo apoio na correção ortográfica. Finalmente aos colegas de turma do Mestrado Profissional e demais amigos, funcionários e professores do CIn que tanto me incentivaram para a conclusão dessa empreitada. O trabalho em grupo é mais prazeroso pois o sucesso é coletivo. A todos o meu MUITO OBRIGADO.

"A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado. A imaginação envolve o mundo."

(Albert Einstein).

RESUMO

O mercado de energia elétrica no Brasil experimenta um crescimento da ordem de 4,5% ao ano, atingindo 392,8 TWh em 2008[EPE,2009]. Os investimentos para atender essa demanda crescente, podem ser reduzidos com a diminuição do desperdício de energia visto que, em um estudo realizado com indústria, comércio e setor público, constata-se que os índices de desperdício chegam a 15%, 30% e 45%, respectivamente [TERRA,2008]. Nos últimos anos, os projetos de equipamentos e instalações elétricas já vem sendo desenvolvidos com o foco em eficiência energética, mas a eficiência isoladamente não garante o uso racional da energia elétrica. O comportamento dos usuários e seus hábitos de utilização dos equipamentos, representam hoje a variável mais flexível para a obtenção de economia de energia. Na contramão da prática do uso racional da energia, estão os ambientes que precisam ter alta disponibilidade. Esses ambientes normalmente estão com suas portas abertas e seus equipamentos ligados independente de sua utilização, para garantir a disponibilidade imediata aos usuários. O uso de sistemas de automação tradicionais baseados na comunicação entre acionadores, programados em um sistema de gerenciamento (horários) ou em sensores (presença) [Mariotoni; Andrade,2002], não se adequa a essa aplicação por não atender a premissa básica da disponibilidade requerida. A sensibilidade a contexto está cada vez mais sendo utilizada para proporcionar pervasividade às aplicações. Ela permite utilizar informações relevantes sobre entidades do ambiente para facilitar a interação entre usuários e aplicações. Tais informações podem ser agrupadas principalmente sobre localização, identificação, tempo e atividade [Dey,2001]. A combinação da automação de sistemas com a sensibilidade a contexto representa um forte aliado na redução do desperdício de energia, sem comprometer a alta disponibilidade dos ambientes. Este trabalho apresenta a avaliação da redução no consumo de energia, quando associamos sensibilidade a contexto, à automação de ambientes, sem o comprometimento da sua disponibilidade.

Palavras-chave: Uso racional da energia. Automação. Sensibilidade a contexto.

ABSTRACT

The electric power market in Brazil presents an annual growth rate of approximately 4,5% per year and, reaching 392,8 TWh [EPE,2009] in 2008. The investments required to fulfill this increasing demand may be reduced with a decrease in the waste of energy, as it was proved by a survey amongst industrial, commercial and public sectors, where waste rates are of 5%, 30% and 45%, respectively [TERRA,2008]. In the last few years, projects of equipments and electrical installations are already being developed with the focus on power efficiency; however, efficiency alone does not guarantee the rational use of the electric power. Nowadays, the behavior of users and their habits regarding the use of equipments represent the most flexible variable for achieving a reduction on electric power consumption. Contrary to the efforts for the rational use of energy are the places where there is the need for high availability. In these places it is common to find open doors and equipments that are kept turned on regardless of being used or not, just to guarantee immediate access to users. The use of traditional automation systems, that are based on the interaction among starters, which are programmed by a management system (schedules) or by sensors (human presence) [Mariotoni; Andrade,2002], do not apply to this kind of use as they do not meet the basic principles of the need for readiness, the pervasiveness to its usage. It allows the use of important information about people on site, facilitating the interaction between users and equipment. Such information may be grouped mainly in terms of location, identification, time and activity [Dey,2001]. The combination of systems automation and context- awareness is a powerful tool in the struggle for reducing the waste of energy without jeopardizing the high availability in the premises. This paper presents the assessment of the reduction in energy consumption, when partnered with sensitivity to context, automation environments, without compromising its availability.

Key Words: rational use of energy, automation, context-awareness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Arquitetura do CAMPS.	30
Figura 2 – Power Configurator.	31
Figura 3 – Power Monitor.	32
Figura 4 – Primeira regra de contexto	34
Figura 5 – Segunda regra de contexto	35
Figura 6 – Terceira regra de contexto.....	36
Figura 7 – Layout laboratórios de graduação.	38
Figura 8 – Controlador CAMPS.....	41
Figura 9 – Olimex - LPC-E2124.	42
Figura 10 – Diagrama controlador CAMPS.....	43
Figura 11 – Diagrama unifilar do arranjo.....	44
Figura 12 – Medidor CCK7550E	44
Figura 13 – Tela do banco de dados	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de energia dia 08 de abril (quarta-feira).....	45
Gráfico 2 – Consumo de energia de 04 a 05 de abril 2009 (final de semana).....	46
Gráfico 3 - Consumo de energia entre dia 07 e 08 de abril 2009 das 22:00hs às 6:00hs.....	47
Gráfico 4 – Ocupação dos laboratórios de 9 a 20 de abril 2009.....	47
Gráfico 5 – Ocupação dos laboratórios dia 18 de abril 2009	48
Gráfico 6 - Consumo de energia dia 15 de abril (quarta-feira) com o CAMPS ativo.....	49
Gráfico 7 - Consumo de energia entre dia 14 e 15 de abril 2009 das 22:00hs às 6:00hs.....	50
Gráfico 8 - Consumo de energia de 18 a 19 de abril (final de semana) com o CAMPS ativo.....	50
Gráfico 9- Diferença para dias úteis	51
Gráfico 10- Diferença para finais de semana	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas de Potencial de Economia de Energia – MME.	19
Tabela 2 – Comparação entre protocolos	23
Tabela 3 – Computadores do laboratórios de graduação do CIn UFPE.....	38
Tabela 4 – Equipamentos elétricos nos laboratórios de graduação CIn UFPE	39
Tabela 5 – Tabela de prioridade e quantidade limiar por laboratório	41
Tabela 6 – Custos de implantação	45
Tabela 7 – Economias médias	52
Tabela 8 – Tabela economia em relação à carga nominal.....	52
Tabela 9 – Estimativa de economia anual em reais.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICO	15
1.2	QUESTIONAMENTOS	15
1.3	DELIMITAÇÕES	15
1.4	JUSTIFICATIVA	16
1.5	METODOLOGIA A SER UTILIZADA	16
1.6	RESULTADOS ESPERADOS	17
1.7	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	USO RACIONAL DA ENERGIA	18
2.2	SENSIBILIDADE A CONTEXTO	20
2.3	AMBIENTE INTELIGENTE	20
2.4	MIDDLEWARES	21
2.5	TRABALHOS RELACIONADOS	22
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
3	CAMPS – CONTEXT-AWARE MIDDLEWARE FOR POWER SAVING	26
3.1	CONCEITOS BÁSICOS	26
3.2	PROPOSTA	27
3.3	REQUISITOS	27
3.4	ARQUITETURA	29
3.5	COMUNICAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES	32
3.6	REGRAS DE CONTEXTO	34
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
4	ESTUDO DE CASO	37
4.1	CENÁRIO	37
4.2	IMPLEMENTAÇÃO	40
4.3	RESULTADOS OBTIDOS	45
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

O mercado de energia elétrica no Brasil experimenta um crescimento da ordem de 4,5% ao ano, atingindo 392,8 TWh em 2008[EPE,2009]. O planejamento governamental de médio prazo prevê a necessidade de investimentos da ordem de R\$ 6 a 7 bilhões/ano para expansão da matriz energética brasileira, em atendimento à demanda do mercado consumidor[ANEEL,2008]. No entanto esse investimento pode ser reduzido com a diminuição do desperdício de energia, visto que, em estudo realizado com indústrias, comércio e setor público mostra que os índices de desperdício chegam a 15%, 30% e 45%, respectivamente [TERRA,2008]. Nos últimos anos, os equipamentos e instalações elétricas já vem sendo desenvolvidos com o foco em eficiência energética, mas a eficiência, isoladamente, não garante o uso racional da energia elétrica. O comportamento dos usuários e seus hábitos de utilização dos equipamentos representam hoje a variável mais flexível para a obtenção de economia de energia.

Na contramão da prática do uso racional da energia, estão os ambientes que precisam ter alta disponibilidade de seus recursos, potenciais consumidores de energia. Esses ambientes normalmente estão com suas portas abertas e seus equipamentos ligados independentemente de sua utilização, para garantir a disponibilidade imediata aos usuários. O uso de sistemas de automação tradicionais, baseados na comunicação entre acionadores programados em um sistema de gerenciamento (horários) ou em sensores (presença) [Mariotoni; Andrade,2002], não se adequa a essa aplicação por não atender a premissa básica da disponibilidade requerida.

A sensibilidade a contexto está cada vez mais sendo utilizada para proporcionar pervasividade a aplicações. Ela permite utilizar informações relevantes sobre entidades do mundo para facilitar a interação entre usuários e aplicações. Tais informações podem ser agrupadas principalmente sobre localização, identificação, tempo e atividade [Dey,2001].

A combinação da automação de sistemas com a sensibilidade a contexto representa um forte aliado na redução do desperdício de energia, sem comprometer a alta disponibilidade dos ambientes. A necessidade de flexibilidade para inserção de novas variáveis de contexto e de dispositivos a serem controlados, sugere a utilização de uma camada intermediária que faria as inferências nos diversos contextos, obtendo as leituras das variáveis e comunicando aos dispositivos seus estados de funcionamento.

1.1 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICO

Esse trabalho tem como objetivo avaliar os ganhos energéticos com a aplicação de sensibilidade ao contexto em sistemas de automação elétrica, para ambiente de alta disponibilidade. De forma mais específica, os objetivos são:

- a) Definir cenário de aplicação e dispositivos controlados;
- b) Definir as variáveis de contexto para os ambientes;
- c) Obter dados históricos de consumo de energia no ambiente prototipado;
- d) Implementar o hardware para controle dos dispositivos;
- e) Obter os dados com a implantação do sistema e avaliar os resultados.

1.2 QUESTIONAMENTOS

Podemos definir as questões centrais deste trabalho da seguinte forma:

- a) Qual o diferencial desse sistema sobre os sistemas de automação convencionais?
- b) Quais as vantagens da adoção de uma camada de *middleware* em vez do uso de uma única aplicação dedicada?

1.3 DELIMITAÇÕES

Uma vez que o principal objetivo do trabalho é avaliar o ganho energético com a aplicação da sensibilidade a contexto na automação de um ambiente, não haverá grande atenção quanto ao desempenho e a resiliência dos sistemas de software e hardware utilizados

no experimento. Esses pontos ficam sugeridos como temas para trabalhos futuros relacionados.

1.4 JUSTIFICATIVA

A justificativa para execução desse trabalho veio do incômodo de vivenciar uma cultura de desperdício de energia, identificada e reconhecida, mas aceita num cenário onde a disponibilidade dos ambientes é o diferencial no negócio em questão. Essa realidade é encontrada em lugares onde os recursos precisam estar disponíveis, em quantidade suficiente para atender à demanda imediata, entretanto nem sempre há um administrador para ativar os equipamentos na hora da necessidade e, ainda mais importante, desligá-los na ociosidade. A automatização convencional não soluciona esse tipo de problema porque, pelo fato de atender a regras estáticas, irá fazer faltar o recurso dado às demandas variáveis. Na prática encontramos isso no CIn UFPE. Um dos maiores diferenciais para o crescimento ao longo do tempo e o sucesso inegável desse Centro, é a disponibilidade de seus laboratórios e servidores, aos usuários, em regime de 24 horas por dia e por 7 dias na semana. Mas como prever o comportamento dos usuários? Uma automação sensível a contexto é a resposta. Ela associa independência da ação de seres humanos para a tarefa de administrar a disponibilidade dos ambientes, ao uso racional da energia elétrica, abrindo, ativando, desativando e fechando os ambientes de acordo com as necessidades imediatas dos usuários (contexto).

1.5 METODOLOGIA A SER UTILIZADA

A metodologia utilizada para esse trabalho será a criação de um cenário para avaliação da sensibilidade a contexto no uso eficiente da energia elétrica. Após medir o consumo de energia na situação original, ativaremos o sistema. Com a aferição do ganho energético resultante da ativação do sistema e a observação do respeito às regras relativas à disponibilidade, apresentaremos as conclusões.

1.6 RESULTADOS ESPERADOS

O estudo de caso pretende demonstrar que, associando a sensibilidade a contexto ao controle dos dispositivos nos ambientes dos laboratórios de Graduação do CIn, obteremos uma redução de até de 20% no consumo de energia dos laboratórios, sem comprometer a premissa de disponibilidade imediata dos recursos para os usuários.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos além desse como segue:

Capítulo 2: nesse capítulo apresentaremos os principais conceitos teóricos envolvidos no trabalho.

Capítulo 3: neste capítulo será apresentado o CAMPS, *middleware* desenvolvido com o objetivo de implementar casos práticos de automação de sistemas sensíveis a contexto.

Capítulo 4: nesse capítulo, descreveremos a aplicação prática do sistema nos laboratórios da Graduação do CIn.

Capítulo 5: nesse capítulo faremos nossas conclusões e propostas trabalhos futuros para o tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 USO RACIONAL DA ENERGIA

O avanço tecnológico da sociedade implica no uso crescente da energia elétrica. No Brasil, o consumo de energia elétrica atendido pelo sistema elétrico nacional atingiu 33.327 GWh em agosto de 2008, o maior montante desse ano, significando crescimento de 6,4% sobre igual mês de 2007 [EPE,2008], atingindo 392,8 TWh em 2008[EPE,2009]. Desse consumo estima-se, no Brasil, que as perdas de energia representam 16,2% [EPE/COPAM,2008]. Essas perdas são a soma das perdas intrínsecas aos sistemas energéticos, com os furtos e as perdas por ineficiências, essas últimas classificadas por [NOGUEIRA,2008] em:

- a) **Projeto deficiente:** em razão da concepção errônea do ponto de vista do desenho, dos materiais, do processo de fabricação, os equipamentos e/ou os sistemas levam a desperdícios de energia. Por exemplo, por utilizar lâmpadas ineficientes ou efetuar sua disposição incorreta ante os princípios da utilização racional de energia;
- b) **Operação ineficiente:** mesmo quando os sistemas energéticos são bem concebidos, podem ser operados de forma irresponsável, por exemplo, mantendo uma sala sem atividades com lâmpadas eficientes desnecessariamente acesas;
- c) **Manutenção inadequada:** uma parte das perdas e dos desperdícios de energia poderia ser minimizada mediante procedimentos adequados de manutenção corretiva e preventiva, que incluem a correta regulagem, limpeza, lubrificação e o ajuste dos sistemas, para que mantenham, ao longo de sua vida útil, o desempenho original.

Para o primeiro caso, a solução é a troca dos equipamentos por outros mais modernos com maior eficiência energética, instalando-os baseados na boa prática de uso racional da energia. Para o terceiro caso, deve-se adotar a manutenção preventiva, garantindo

as condições ideais de funcionamento dos dispositivos para a obtenção de eficiências compatíveis com as apresentadas pelo fabricante. É no segundo caso que equacionamos variáveis de comportamento e hábitos dos usuários, onde pode ser obtido o maior ganho, com o uso de inteligência no controle desses equipamentos e sistemas.

No mundo, diversos governos já adotaram de forma sistemática a prática de incentivo à eficiência energética, seja pelos fatores relacionados à economia ou pelo apelo, cada vez mais forte, à minimização dos impactos ambientais. Podemos citar como importantes entidades o Office of Energy Efficiency (OEE) canadense, a Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie da França (Ademe) e o Energy Saving Trust (EST) do Reino Unido. No Brasil, em 1981 foi criado o programa “Conserve”: primeiro esforço significativo para promover a eficiência energética com foco principalmente na indústria. A partir da lei publicada em 17 de outubro de 2001, Lei nº 10.295, chamada de Lei de Eficiência Energética, o Inmetro, que de forma voluntária já estabelecia programas de etiquetagem, passou a ter a responsabilidade de estabelecer programas de avaliação da conformidade, compulsórios na área de desempenho energético. Atualmente, o PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem, tem implementados 24 programas de etiquetagem, prevendo o desenvolvimento de mais 20 para os próximos anos [INMETRO,2008].

Os estudos preliminares sobre o potencial resultante do incremento da eficiência energética no Brasil indicam valores bastante expressivos. O MME – Ministério de Minas e Energia [LEONELLI,2005] estimou os potenciais apresentados na Tabela 1, sempre a um custo de 130 R\$/MWh (aproximadamente 50 US\$/MWh pelo câmbio de 2005).

Tabela 1 – Estimativas de Potencial de Economia de Energia – MME.

Setor	Consumo em 2004 (TWh)	Potencial de redução		Fonte
		(TWh)	%	
Industrial	172	9,2	5%	Abesco
Comercial	50	5,6	11%	Abesco
Público	30,1	1,6	5%	Abesco
Iluminação pública	9,3	1,3	14%	Reluz
Saneamento	7,3	1,5	21%	Abesco
Residencial	78,6	7,5	10%	–
Outros	29	3	10%	–
Total	376,3	29,7	8%	

Fonte: Leonelli, 2005 e BEN 2005, EPE, 2005.

2.2 SENSIBILIDADE A CONTEXTO

Na literatura, o termo *context-aware*, (ciência de contexto ou sensibilidade ao contexto) apareceu pela primeira vez em no trabalho “*Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts*” [SCHILIT; THEIMER,1994]. Neste trabalho o contexto é descrito como o local, as identidades de pessoas próximas e os objetos e mudanças para esses objetos. Ryan [et al,1997] refere-se a contexto como a localização do usuário, o ambiente, a identidade e o tempo. Dey [1998] define contexto como o estado emocional do usuário, o foco de atenção, a localização e a orientação, a data e o tempo, os objetos e as pessoas no ambiente do usuário. Hull [et al.,1997] descreve contexto como os aspectos da situação corrente.

O contexto é definido por Yamin [et al., 2003] como toda a informação relevante para a aplicação que pode ser obtida da infraestrutura computacional, cuja alteração em seu estado dispara um processo de adaptação na aplicação. Nessa visão, o contexto permite focar os aspectos relevantes para uma situação particular e ignorar outros. A aplicação explicitamente identifica e define as entidades que caracterizam uma situação e essas passam a integrar o seu contexto.

Uma das mais citadas definições é a encontrada em [DEY;ABOWD,2000]. Segundo os autores entende-se por contexto qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade, entendendo-se por entidade uma pessoa, um lugar ou um objeto, que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e aplicação.

2.3 AMBIENTE INTELIGENTE

Ambiente inteligente é um novo paradigma que orienta o desenvolvimento dos sistemas de próxima geração, introduzindo um novo significado à comunicação homem-máquina, e seu ambiente [FORESTI,2005]. É a visão de que a tecnologia irá tornar-se invisível, embutida nos ambientes, presente sempre que precisemos dela, acionada por simples interações, sintonizadas com nossos sentidos, adaptáveis aos usuários e aos contextos automaticamente. Informações de alta qualidade e conteúdo precisam estar disponíveis para

qualquer usuário, em qualquer lugar, a qualquer momento e em qualquer dispositivo [LINDWER,2003]. Um ambiente dotado de “inteligência” deve ter a capacidade de [GARATE,2005]:

- a) Reconhecer os usuários e suas circunstâncias (quantidade, temperatura, atividade, etc).
- b) Ter comportamento preditivo, baseado em conhecimento do ambiente (sensibilidade a contexto), dos hábitos de quem o ambiente está servindo, além de suas atividades específicas quando em ação.
- c) Oferecer em tempo real, novos serviços nos diversos campos como entretenimento, segurança, saúde, trabalhos domésticos, acesso a informações, comunicações, computação etc., com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, do ambiente.
- d) Permitir o acesso ao maior número de serviços e facilidades disponíveis independente da localização dos usuários ou de que dispositivos esses serviços são demandados (ubiquidade).
- e) Relacionar-se da maneira mais natural possível com os usuários através de comando de voz, leitura de movimentos e projeção de imagens (relacionamento natural).

2.4 MIDDLEWARES

Pelo site ObjectWeb [2005] e com a permissão do autor do termo descrita no site, *middleware* é definido como “um ambiente de computação distribuída, como uma camada de software que faz a mediação entre um sistema operacional e uma aplicação em cada local do sistema”. Ainda segundo a citação acima existe uma variedade de sistemas onde a tecnologia *middleware* pode ser empregada, tais como, componentes e objetos distribuídos, comunicação orientada a mensagens e ainda aplicações com suporte móvel.

Segundo Campbell [1999] *middleware* é um software que é usado para interligar um programa a outros, em um ambiente distribuído, tornando transparente para o desenvolvedor as dependências de protocolos de comunicação, os sistemas operacionais e as plataformas diferentes.

Existem algumas áreas onde a utilização de *middlewares* é inerente. Sistemas legados, muitas vezes, possuem interfaces específicas e o custo para mudança de interface para comunicação de novos sistemas seriam proibitivos. No entanto, o uso de um *middleware* pode resolver este problema ao integrar o sistema legado aos novos sistemas com diferentes interfaces.

De acordo com [OBJWEB,2005] as principais funções de um *middleware* são: mascarar o ambiente distribuído, parecendo ao usuário ou ao desenvolvedor um sistema único; ocultar a heterogeneidade de dispositivos de hardware, de sistemas operacionais e de protocolos de comunicação; prover ao desenvolvedor, interfaces padronizadas para que as aplicações desenvolvidas possam ser portáteis, reusáveis, possuam interoperação e sejam facilmente construídas.

2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

No foco da automação observamos três áreas de pesquisa: automação predial, domótica, e domótica inteligente.

A pesquisa em automação predial avalia o meio físico e os protocolos envolvidos na comunicação entre os sensores e atuadores. Esses protocolos normalmente são definidos por associações ou por empresas, e buscam uma padronização nem sempre real. A tabela 2 apresenta uma comparação entre alguns dos protocolos analisados em relação à limitação de endereçamento da rede, a meios físicos disponíveis e ao comportamento quanto à expansão, destacando a necessidade ou não de configuração dos dispositivos e da utilização de ferramentas específicas para isto, característica importante quando se trata de aplicação em sistemas residenciais [ARAUJO,2004]

Tabela 2 – Comparação entre protocolos

Protocolo	Número máximo de dispositivos	Meio Físico	Configuração/expansão
X10	256	Rede elétrica	Instalar o dispositivo e ajustar endereço diretamente no mesmo
LonWorks	32385	Par trançado, cabo coaxial, RF, Power Link, infravermelho, fibra ótica, rede elétrica.	Instalar o dispositivo e configurar utilizando ferramenta de configuração
EIB	61455	Par trançado, rádio frequência, ISO/IEC 802-2, rede elétrica	Instalar o dispositivo e configurar utilizando ferramenta de configuração
BACNet	Sem limitação*	Ethernet, ARCNET, point-to-point, LonTalk, TCP/IP (UDP), masterslave/token-passing,	(sem informação)
HomePnP	Sem limitação*	EIA-600, IEEE 1394, TCP/IP,EIB, etc.	Plug and Play
Jini	Sem limitação*	Redes TCP/IP	Plug and Play
UPnP	Sem limitação*	Redes TCP/IP	Plug and Play
* Quanto ao endereçamento (não considera problemas na rede tais como congestionamento, jitter, etc.)			

Fonte: [ARAUJO,2004]

A domótica, palavra derivada de domus (casa) e robótica (automatizada), ou casa inteligente, é um conceito ainda controverso. O termo foi utilizado oficialmente pela primeira vez em 1984 pela American Association of House Builders [HARPER,2003]. A definição varia desde uma casa com sensores, por exemplo, de presença e temperatura, interligados a controles de iluminação e de ar-condicionados respectivamente, a casas com redes de sensores e atuadores conectados a controladores internos e externos ao ambiente.

Flores [2007] em seu trabalho cita curiosas definições para o termo como a de Franco [2003] que afirma que “uma casa inteligente deve ser como um mordomo invisível, capaz de observar, tomar decisões e atuar sobre o meio envolvente”. Baseado na atenção às funcionalidades disponíveis para os usuários em uma casa inteligente, Flores [2007] identifica cinco tipos como segue:

- a) *Contains intelligent objects*: Contém dispositivos e eletrodomésticos que funcionam de um modo inteligente.
- b) *Contains intelligent, communicating objects*: Contém dispositivos inteligentes que comunicam entre si, trocando informação e aumentando assim a sua funcionalidade.

- c) *Connected home*: A casa tem uma rede interna interligada com a rede externa, permitindo o controle interativo dos sistemas, e o acesso aos serviços e à informação, quer de dentro, quer do exterior.
- d) *Learning home*: Os padrões de utilização são gravados e os dados acumulados são usados para antecipar as necessidades dos utilizadores. Por exemplo, a casa que aprende padrões da utilização do aquecimento e da iluminação (“*the adaptative home*”).
- e) *Alert home*: As atividades das pessoas e dos objetos são constantemente monitoradas alertando e antecipando as ações a tomar (“*the aware home*”).

O termo domótica inteligente vai além da interligação de dispositivos para a automação das casas ou prédios, Marcelo Takiuchi [2004] coloca que “A Domótica inteligente deve, por sua vez, analisar os dados obtidos pelos sensores de modo a adaptar suas regras de automação ao comportamento dos habitantes. Isto se faz necessário, pois o comportamento dos seres humanos muda ao longo do tempo, bem como cada indivíduo possui sua própria preferência, uns gostam de temperaturas mais quentes do que outros, ou mesmo outros gostam de luminosidade menor do que outros.” Em seu trabalho Takiuchi apresenta o ABC (Automação Baseada em Comportamento) um sistema de domótica inteligente adaptativo, baseado no algoritmo de aprendizado ID3.

A maioria dos trabalhos relacionados a *middlewares* com aplicação de sensibilidade a contexto para economia de energia está direcionada à otimização da energia dos dispositivos envolvidos, como baterias de dispositivos móveis ou sensores remotos. Associando o uso de um *middleware* sensível a contexto a casas inteligentes, encontramos o interessante trabalho de Markus C. Huebscher e Julie A. McCann [HUEBSCHER,2004]. Segundo os autores, um dos principais acertos na concepção do *middleware* proposto, foi o bom desempenho em relação à adaptação a partir de uma mudança de contexto, característica muito importante em aplicações relacionadas à monitoração e auxílio a pessoas com problemas de saúde por exemplo.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta dessa dissertação engloba diversos aspectos relacionados nesse capítulo, como o reconhecimento do potencial econômico da racionalização do uso da energia elétrica, o uso de sensibilidade a contexto em aplicações de automação de sistemas e o uso de *middlewares* como camada intermediária para generalização de aplicações relacionadas a redes de sensores e atuadores.

3 CAMPS – CONTEXT-AWARE MIDDLEWARE FOR POWER SAVING

O primeiro passo para o desenvolvimento do trabalho proposto, foi a idealização de um sistema que viabilizaria automação de dispositivos elétricos, com sensibilidade a contexto, em um cenário onde seriam encontrados diversos ambientes, que poderiam ser abertos ou fechados, de acordo com a demanda imediata, o horário a agenda de reservas para os mesmos. Como não haveria uma padronização das fontes de informações (variáveis de contexto) nem dos dispositivos controlados, optamos pela concepção de um *middleware*, que além de fazer as inferências para abrir ou fechar os ambientes, garantiria a compatibilidade com a periferia de dispositivos e sensores que ainda seriam definidos. Dessa forma surgiu o CAMPS - *Context-Aware Middleware for Power Saving*, um *middleware* para embasar o desenvolvimento das demais aplicações para o arranjo.

3.1 CONCEITOS BÁSICOS

O *Context-Aware Middleware for Power Saving* – CAMPS, um *middleware* ciente de contexto, que através de regras de inferência consegue determinar para as aplicações cadastradas, quando é momento de economizar energia em seus ambientes configurados. É baseado na especificação do *Java Message Service* [JMS,2002]. Do JMS são herdados os seus principais conceitos, como: comunicação assíncrona, modelo *publish-subscribe* e *middleware* orientado a mensagem.

Na comunicação assíncrona, o transmissor não depende de uma resposta do receptor para continuar o seu fluxo de execução. No modelo *publish-subscribe*, um transmissor envia uma mensagem para um tópico de um determinado assunto, e aqueles que estiverem subscritos no mesmo recebem uma notificação contendo a mensagem. O *middleware* orientado a mensagem possui o *publish-subscribe* como um dos seus dois modelos de troca de mensagens, o outro é baseado em eventos.

Outro conceito importante utilizado no CAMPS é o de sistemas baseados em regras de produção. Nesse tipo de sistema, o conhecimento é representado como pares de condição-ação, através dos quais são gerados novos fatos a partir de fatos e regras existentes

em uma base de conhecimento [Russell,2003]. A máquina de inferência utilizada no CAMPS foi o *Java Embedded Object Production System* – [JEOPS,2001], que possui um mecanismo baseado em lógica de primeira ordem.

O CAMPS ainda realiza um cálculo básico do consumo de energia em um dado ambiente, baseado nos valores de potência nominais de seus dispositivos. A multiplicação da potência individual pela quantidade de equipamentos do mesmo tipo, somada às potências dos demais tipos de equipamentos, representa a potência nominal total do ambiente. O consumo nominal de energia do ambiente, é a multiplicação da potencia total em cada ambiente pela quantidade de horas de utilização [Wikipédia,2008].

3.2 PROPOSTA

Nesta seção o CAMPS é detalhado e são descritos os requisitos considerados para a sua implementação e os componentes que formam a sua arquitetura.

Sendo o CAMPS um *middleware* orientado a mensagem *publish-subscribe*, foi criado um tópico¹ para uso interno, nomeado de *JMSProvider*, e um tópico destinado a armazenar as mensagens de cada ambiente monitorado. Para o *middleware* inferir sobre a abertura ou fechamento dos ambientes, é necessário que aplicações externas informem a quantidade de pessoas em cada ambiente e a agenda de reservas deles. Depois de realizada a inferência, o *middleware* é responsável por informar esse resultado a cada aplicação cadastrada, que informou no momento da subscrição no tópico que tipo de mensagens desejaria receber.

3.3 REQUISITOS

Os requisitos utilizados para a implementação do *middleware* são os seguintes:

¹ Em APIs do tipo *publish-subscribe*, **tópicos** são utilizados para designar um rótulo às mensagens. Sendo assim, cada aplicação cliente, pode localizar suas mensagens de interesse através de tópicos, cadastrados na ocasião de sua subscrição.

- a) Confiabilidade: Uma camada de transporte confiável é necessária para garantir que todas as mensagens de economia de energia sejam entregues. A camada de transporte adotada para o CAMPS é o *Transmission Control Protocol* (TCP) por oferecer confiabilidade na entrega de um fluxo de dados.
- b) Heterogeneidade: O *middleware* e demais aplicações precisam ser executadas em diferentes sistemas operacionais. Por isso, Java foi usado na implementação do *middleware*, oferecendo também uma interface de programação para as aplicações. A independência de plataforma foi o principal fator para a escolha do Java, uma vez que para executar um programa escrito em Java, basta termos um *Java Runtime Environment* (JRE) disponível para os diversos hardwares e seus sistemas operacionais.
- c) Interface de programação: Para prover as funcionalidades disponíveis no *middleware*, precisamos adotar uma interface de programação. O CAMPS usa o *Topic Manager* como uma *Application Programming Interface* (API). Este componente do *middleware* permite que os clientes: criem e apaguem tópicos, enviem e recebam mensagens, e cadastrem-se e descadrem-se nos tópicos.
- d) Comunicação assíncrona: Nesse tipo de comunicação, o transmissor não precisa esperar uma confirmação do receptor para continuar o seu fluxo de trabalho. Quando uma mensagem é enviada não existe nem uma confirmação nem um resultado. A estratégia é *Fire and Forget* [VÖLTER,2004]. A única exceção para esse comportamento é o processo de subscrição, onde o cliente não pode chamar nenhum outro serviço antes do processo ser completado com sucesso. Esse é o único serviço no CAMPS que é síncrono. O CAMPS fornece comunicação assíncrona através do modelo *publish-subscribe*, nesse modelo, uma entidade envia uma mensagem para um tópico de um determinado assunto, e aqueles que estiverem inscritos no mesmo tópico recebem uma notificação contendo a mensagem. No ato da subscrição, a entidade precisa informar que tipo de mensagens ela está interessada em receber. O *publish-subscribe* do CAMPS é baseado em JMS. Esta é uma API que permite às aplicações lidar com mensagens. O JMS define um conjunto de interfaces e semânticas associadas que possibilitam que os programas em Java se comuniquem através de mensagens enviadas e recebidas de um *middleware* orientado a mensagem. Dessa forma, precisamos adotar um serviço gerenciador de eventos para administrar e enviar mensagens trocadas entre os

componentes do CAMPS e seus clientes. As mensagens suportadas pelo CAMPS são baseadas num subconjunto do JMS. Elas são representadas como um objeto do Java.

- e) Monitoramento de energia: Esse requisito é usado no CAMPS para oferecer uma ferramenta para monitorar o consumo de energia. Com esse monitor é possível visualizar a economia de energia durante um período.
- f) Serviço de nomes baseados em tópicos: um serviço de nomes é necessário pelo *middleware* para descobrir onde os tópicos estão fisicamente localizados.
- g) Escalabilidade: mesmo com o CAMPS em execução, um novo componente do *middleware* pode ser adicionado ou removido. Isso é realizado através do processo de subscrição ou de desinscrição, e é aplicado a cada componente do *middleware*. Dessa forma, um novo ambiente poderá ser monitorado ou deixar de ser monitorado de acordo com as suas necessidades. Sempre que um ambiente passar a ser monitorado, um novo tópico será criado para armazenar as informações relativas a esse ambiente e, no caso de um ambiente deixar de ser monitorado, o tópico relativo ao mesmo deve ser removido. Todos os componentes do *middleware* serão informados dessas mudanças.

3.4 ARQUITETURA

A partir dos requisitos definidos anteriormente e para melhor entendimento do processo de funcionamento do CAMPS, apresentamos sua arquitetura na Figura 1.

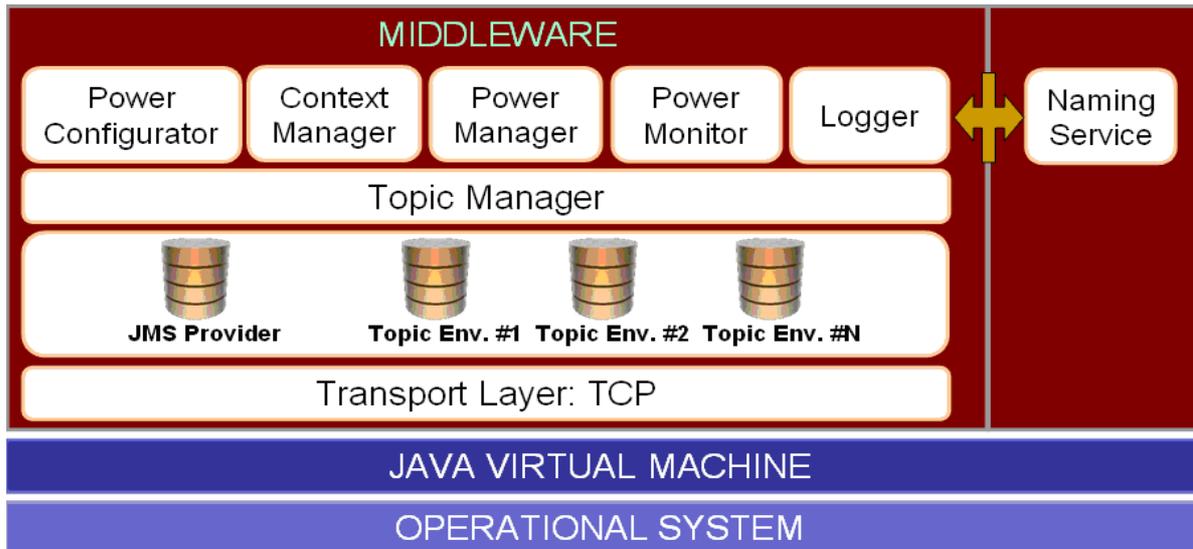


Figura 1 - Arquitetura do CAMPS.

Basicamente o CAMPS funciona da seguinte maneira: quando um ambiente começa a ser monitorado, ele registra todas as informações pertinentes no *Power configurator*. Após o registro, há a criação de um novo contexto no *Context Manager*, e a partir daí o *Power Manager* verifica se há a possibilidade de economizar energia. Caso haja a possibilidade de economia de energia, o *Power Manager* notifica todos os clientes a quem essa informação pode interessar, para que esses clientes executem as ações relacionadas à nova situação. Simultaneamente o *Power Monitor* apresenta o consumo atual dos ambientes. Todas as mensagens trocadas são armazenadas pelo *Logger*.

Os elementos apresentados na Figura 1 são descritos como segue:

O *Power configurator* é utilizado para configurar quais os ambientes monitorados e quais os equipamentos podem ser encontrados em cada um deles. Os atributos de um ambiente são: (1) nome, (2) prioridade (alta ou baixa) para indicar se o ambiente deve estar sempre aberto e (3) o número mínimo de usuários. Quando esse número é extrapolado, deve-se avaliar a possibilidade de abertura de outro ambiente. Quando um ambiente é cadastrado, o *Topic Manager* cria um tópico para o mesmo. Esse tópico recebe as mensagens de criação, deleção e atualização dos equipamentos feitos a partir do *Power Configurator*. A Figura 2 apresenta uma tela deste componente do *middleware*, com a lista de ambientes criados (Env01 e Env02) e os equipamentos cadastrados do ambiente Env01.

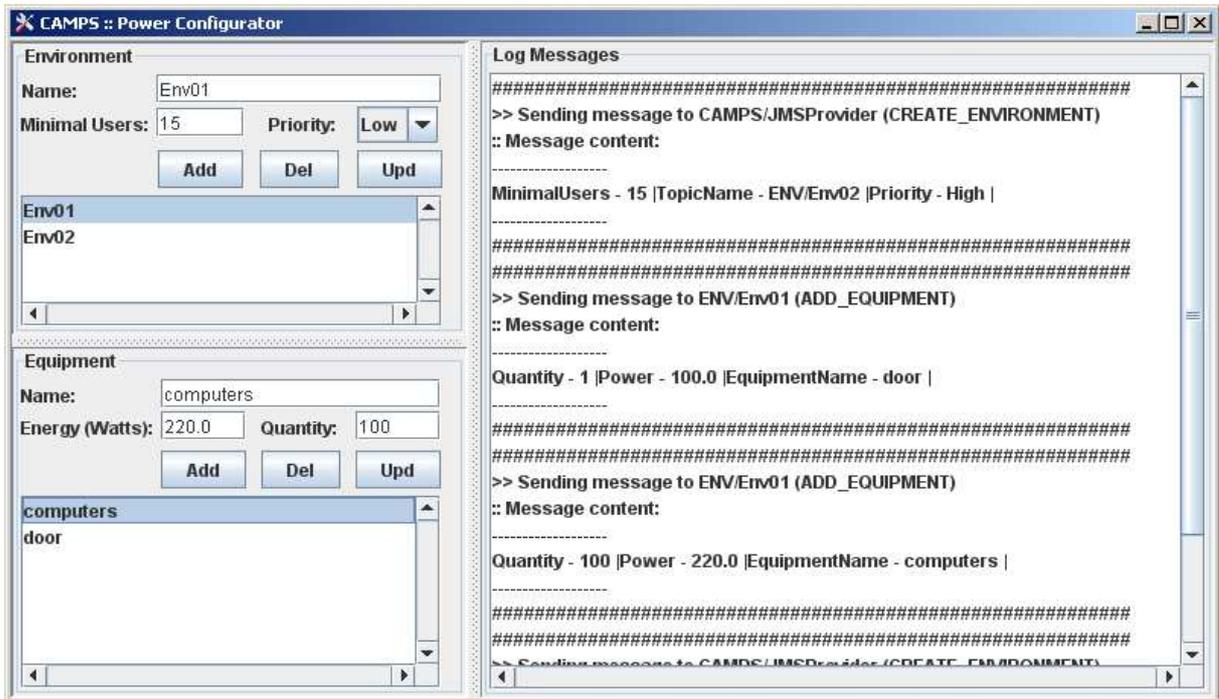


Figura 2 – Power Configurator.

O segundo elemento, o *Context Manager*, é responsável por construir um contexto e enviá-lo para o tópico do respectivo ambiente. Um novo contexto consiste na alteração dos atributos de um ambiente, alteração da agenda de reservas do ambiente ou da atualização da quantidade de pessoas presentes em um ambiente.

O terceiro elemento, o *Power Manager*, interpreta o contexto do ambiente. Baseado nesse contexto e nas regras de inferência do CAMPS, o *Power Manager* decide se o ambiente pode entrar no modo de economia ou ainda se outro novo ambiente precisa ser aberto, para acomodar o número de usuários existentes ou atender a reservas feitas para este ambiente.

Como mostra a Figura 3, o *Power Monitor* apresenta o gráfico relativo ao consumo de energia para cada ambiente monitorado, considerando neste caso o mês de agosto de 2008.

O *logger* é o componente responsável por registrar o consumo de energia acumulado para cada ambiente. Quando um equipamento é ligado, dispara um contador de tempo e quando o equipamento é desligado o *logger* acumula na base de dados do CAMPS o valor de energia consumido por esse ambiente nesse tempo. O *logger* também registra quando cada tipo de equipamento é ligado ou desligado.

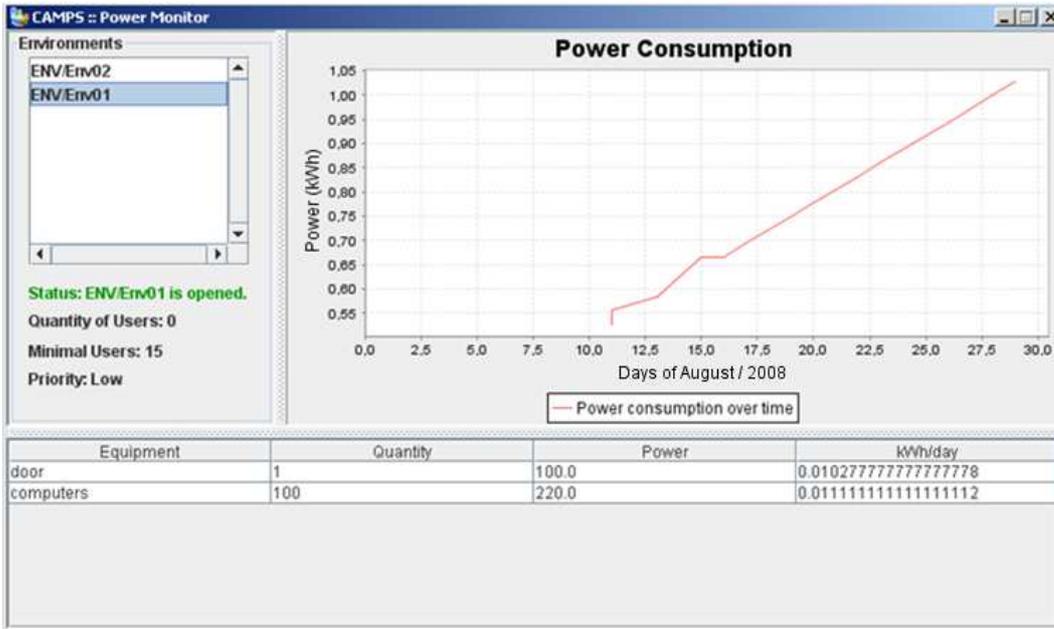


Figura 3 – Power Monitor.

O *Topic Manager* é o componente principal do CAMPS, permitindo que os outros componentes: (a) subscrevam-se em um tópico para receber mensagens, (b) descadastrem-se do mesmo e (c) enviem mensagens. No momento de subscrever-se, o componente precisa informar que tipo de mensagens deseja receber. O *Topic Manager* realiza abstração de gerenciamento de conexão, sessão, produtores e consumidores, conceitos existentes no JMS, diminuindo o esforço dos desenvolvedores das aplicações de controle de energia.

O *JMS Provider* armazena os tópicos do CAMPS. Para cada novo ambiente, um novo tópico é criado e armazenado no *JMS Provider*.

O *Transport Layer TCP* é responsável por realizar a comunicação, através do protocolo TCP, entre as instâncias que utilizam o CAMPS. Finalmente o *Naming Service* mapeia os nomes dos tópicos em suas referências.

3.5 COMUNICAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES

Os componentes do CAMPS comunicam-se através de tópicos no sentido de que um componente (*subscriber*) subscreve-se num tópico particular de seu interesse e, sempre que uma mensagem é enviada a esse tópico, esse evento é notificado através do *Topic Manager*.

Quando um componente envia uma mensagem ao *Topic Manager*, ele precisa especificar o nome do tópico e uma mensagem contendo seu tipo e conteúdo. Existem 20 diferentes tipos de mensagem que são: (1) *environment creation*; (2) *environment deletion*; (3) *environment update*; (4) *equipment addition*; (5) *equipment removal*; (6) *equipment update*; (7) *subscribe*; (8) *unsubscribe*; (9) *acknowledgment*; (10) *power saving suggestion*; (11) *power saving mode on*; (12) *power saving warned*; (13) *open another environment*; (14) *power saving mode off*; (15) *agenda event addition*; (16) *agenda event removal*; (17) *agenda event updating*; (18) *quantity of users change*; (19) *new context* e (20) *a default type*. A maioria delas é auto-explicativa exceto as de número 9, 10,11,12,13,14,19 e 20 que precisam explicações adicionais.

Uma mensagem de *acknowledgment* é internamente utilizada pelo CAMPS para confirmar um processo de subscrição. Assim, a propriedade de sincronismo para a subscrição é atendida, evitando que algum componente envie mensagens para determinado tópico antes que ele esteja devidamente subscrito.

Quando o CAMPS detecta um contexto que justifique o fechamento de algum ambiente para a economia de energia, ele envia uma mensagem do tipo *power saving suggestion* para todos os clientes monitorados para esse ambiente (como por exemplo: condicionadores de ar, estabilizadores de energia e luzes). Quando os clientes decidem efetivamente desligar um componente, uma mensagem precisa ser enviada ao CAMPS. Essa mensagem será do tipo *power saving mode on*, para informar ao *middleware* que aquele equipamento específico está no modo de economia de energia (na prática desligado).

O comportamento oposto ao anterior seria adotado quando o CAMPS sugere que algum ambiente seja aberto enviando uma mensagem tipo *open another environment*.

A mensagem do tipo *power saving warned* é enviada por um cliente para informar que seus usuários já estão informados que o ambiente será fechado (usando alguma mensagem sonora ou visual por exemplo).

As mensagens do tipo *new context* são enviadas quando o CAMPS detecta um novo contexto em qualquer ambiente monitorado. As seguintes mudanças resultam em um novo contexto: (1) mudanças nos ambientes, como prioridade, número de usuários mínimos e situação (fechado ou aberto); (2) a variação no número de usuários em um ambiente; (3) mudanças na agenda como inclusão, retirada de reservas. Além desses casos, o CAMPS periodicamente atualiza seus contextos, numa frequência definida pelo administrador.

As mensagens *default type* são utilizadas pelos desenvolvedores de aplicações quando precisam enviar mensagens que não casem com alguma das já definidas.

3.6 REGRAS DE CONTEXTO

O CAMPS utiliza três regras para inferir sobre o contexto. Estas regras decidem se um ambiente deve ser aberto ou fechado. Suas variáveis de contexto são: prioridade do ambiente, número de usuários em cada ambiente monitorado, dia da semana, hora, e datas das reservas feitas. Essas regras são descritas em um arquivo de regras compilado por uma máquina de inferência tipo JEOPS (*Java Embedded Object Production System*), sistema baseado em lógica de primeira ordem, que gera uma classe Java com essas base de regras.

A primeira regra estabelece que um ambiente de alta prioridade é sempre candidato a ser aberto. Assim sendo, caso um ambiente de alta prioridade esteja fechado o CAMPS irá sugerir imediatamente sua abertura apesar da ação de abertura propriamente dita ser feita pela aplicação responsável.

```
//1-----
-----

//A high priority environment must always be opened.
rule is_HighPriority_Opened {
    declarations
        Environment environment;

    conditions
        //A high priority environment.

environment.getPriority().equals(Environment.HIGH_PRIORITY);

    actions
        System.out.println("RULE: is_HighPriority_Opened");

        environment.setClosed(false);

        System.out.println(environment.getName() + " is
```

Figura 4 – Primeira regra de contexto

A segunda regra estabelece que um ambiente de baixa prioridade precisa ser aberto quando os demais ambientes atingirem o número mínimo de usuários programado ou quando houver reservas feitas para esse ambiente, nesse caso o ambiente abre no horário definido.

```

//2-----
-----

//A low priority environment opens when all environments has
reached its limit of users to open another environment
rule is_LowPriority_Opened {
    declarations
        Environment environment;

    conditions
        //A low priority environment.

        environment.getPriority().equals(Environment.LOW_PRIORITY);

        //All environments have reached theirs limit of users
to open another environment
        (
            MonitoredEnvironments.allMonitoredEnvironmentsHaveReachedMinimalUs
ers

            (PowerManagerListenerOfEnvironments.kb.objects("camps.powerManager
.reasoner.Environment"), environment)
                )
            ||
            //There is an event in some minutes.
            (
                environment.getMinutesToNextReservation() <
MonitoredEnvironments.MINUTES_TO_EVENT
                &&
                environment.getMinutesToNextReservation() != -1
            )
            ||
            (
                PowerManagerListenerOfEnvironments.kb.objects("camps.powerManager.
reasoner.Environment").size() == 1
            );
        )

    actions
        System.out.println("RULE: is_LowPriority_Opened");

        environment.setClosed(false);

        System.out.println(environment.getName() + " is
----- " \ .

```

Figura 5 – Segunda regra de contexto

A última regra estabelece que um ambiente de baixa prioridade pode ser fechado quando há espaço suficiente para acomodar os seus usuários em outros ambientes que estejam abertos e que não foram reservados.

```

//3-----
-----

rule is_LowPriority_Closed {
    declarations
        Environment environment;

    conditions
        //A low priority environment.

        environment.getPriority().equals(Environment.LOW_PRIORITY);

        //There is space in other opened environment that is
not reserved.

        MonitoredEnvironments.thereIsSpaceInOtherOpennedEnvironmentNotRese
rved

        (PowerManagerListenerOfEnvironments.kb.objects("camps.powerManager
.reasoner.Environment"), environment);

        //There is not an event in some minutes.
        !(
            environment.getMinutesToNextReservation() <
MonitoredEnvironments.MINUTES_TO_EVENT
            &&
            environment.getMinutesToNextReservation() != -1
        );

    actions
        System.out.println("RULE: is_LowPriority_Closed");

        environment.setClosed(true);

        System.out.println(environment.getName() + " is

```

Figura 6 – Terceira regra de contexto

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa seção, descrevemos o CAMPS, O *Context-Aware Middleware for Power Saving*. A proposta de um *middleware* ciente de contexto, que através de regras de inferência, consegue determinar para as aplicações cadastradas, quando é momento de economizar energia em seus ambientes configurados. Adiante, descrevemos o estudo de caso onde a partir de um cenário real, ajustamos o CAMPS para obtenção dos resultados.

4 ESTUDO DE CASO

Motivados pela justificativa exposta no capítulo 1 optamos por fazer nossas avaliações baseadas em dados válidos, obtidos em um cenário real e com a implantação de um sistema que possa continuar em operação após o trabalho dessa dissertação. Neste capítulo descreveremos este cenário, a implementação lógica e física do sistema e os resultados obtidos na fase de observação do arranjo em funcionamento.

4.1 CENÁRIO

O Cenário escolhido para a implementação do estudo de caso foi o complexo de laboratórios de graduação do Centro de Informática da Universidade Federal de PE (CIn). Historicamente, o CIn disponibiliza a seus alunos toda sua infraestrutura de servidores e laboratórios, 24hs por dia, 7 dias por semana, o ano inteiro (inclusive feriados). Esta característica oferece a possibilidade do desenvolvimento dos projetos de graduação e pesquisa do CIn, a qualquer tempo, mas implica, quase sempre, num grande desperdício de energia, uma vez que, independente da demanda imediata, os laboratórios permanecem abertos, com os computadores, luzes e climatização ligados.

A demanda por assentos nos laboratórios, principalmente fora do horário comercial, é sazonal; quando se aproximam as datas de entrega dos trabalhos escolares, existe uma corrida aos laboratórios e, impossibilitar o acesso dos usuários aos laboratórios comprometeria um dos principais diferenciais do CIn: a disponibilidade 24/7 de seus recursos.

O CIn conta com 5 (cinco) laboratórios de Graduação com tamanhos semelhantes, mas com características relativas às especificações de seus computadores diferentes. Fisicamente os laboratórios estão localizados no mesmo corredor (figura 7) o que minimiza o transtorno, no momento em que os usuários forem realocados para outro ambiente devido ao fechamento do laboratório originalmente utilizado.

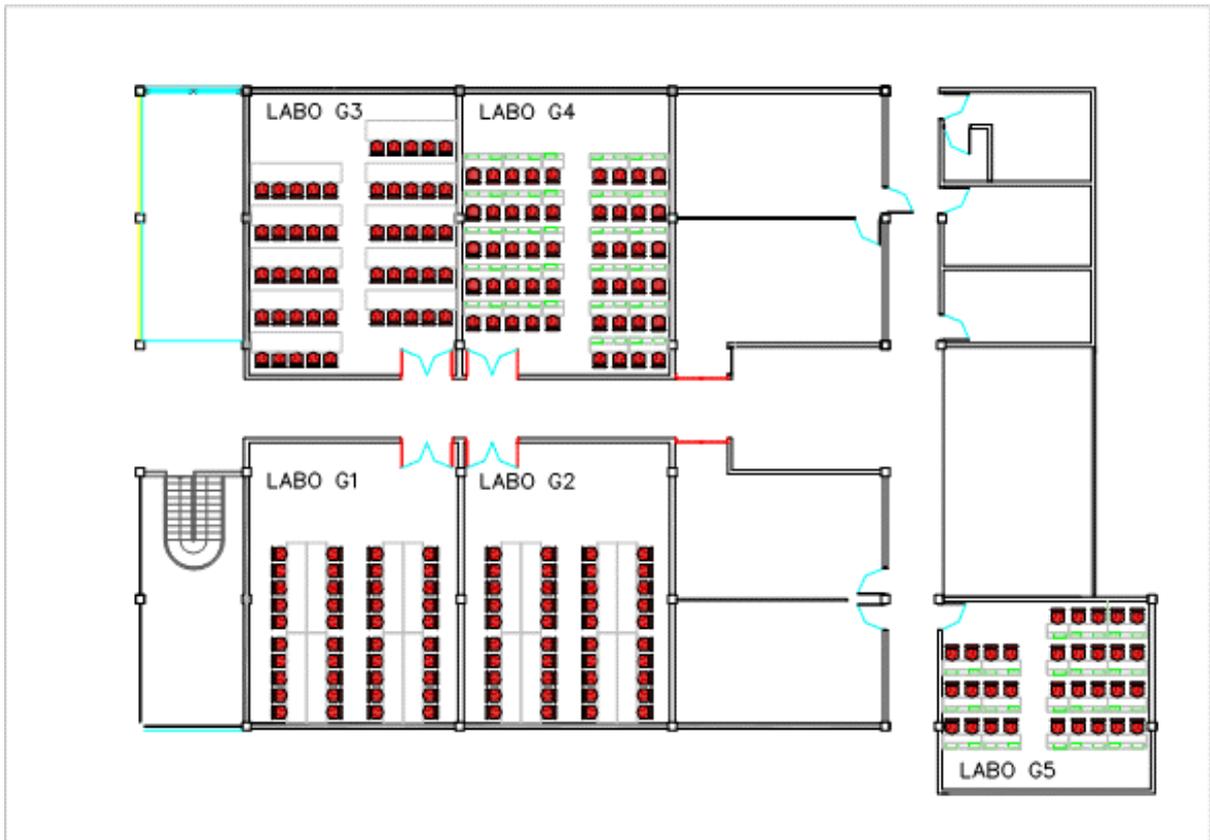


Figura 7 – Layout laboratórios de graduação.

O laboratório que conta com os computadores de maior desempenho e com a maior quantidade de aplicativos instalados, será classificado como ambiente de alta prioridade, com o objetivo de estar sempre aberto, garantindo a premissa de disponibilidade do Centro de Informática. A tabela 3 demonstra as quantidades e características dos equipamentos disponíveis nos laboratórios de graduação do CIN.

Tabela 3 – Computadores do laboratórios de graduação do CIN UFPE.

Laboratório	QTD	CPU	Capacidade HD	Memória RAM	Placa Vídeo	Monitor
G1	40	Sempron 2,7GHz	40GB	1GB	64MB integrada	17" CRT
G2	40	Pentium 4 3GHz	40GB	1GB	64 MB independente	17" CRT
G3	48	Athlon 2,8GHZ	160GB	1GB	256MB independente	17" CRT
G4	50	Pentium 4 D 1,6GHz	160GB	2GB	512MB independente	17"LCD
G5	32	Athlon dual core 2,8GHZ	250GB	2GB	64MB integrada	17"LCD

Fonte: Gerência de infraestrutura CIN.

A iluminação de cada laboratório é feita com o uso de 12 luminárias com duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W cada, equipadas com reatores eletrônicos de alto fator de potência. A alimentação dos computadores, nos laboratórios é feita através de uma rede de energia estabilizada, com 120V, proveniente de um estabilizador de 10KVA instalado em cada laboratório - essa característica possibilita o desligamento individual de cada ambiente sem comprometer o funcionamento dos demais. A climatização dos ambientes é proporcionada por splits tipo piso-teto instalados sob o forro de cada laboratório, a temperatura de conforto é programada individualmente em cada aparelho através de um controle remoto que não está acessível aos usuários. Com o objetivo de minimizar o tempo de indisponibilidade, em caso de defeito na climatização dos laboratórios, existe a diretriz de instalar dois splits por ambiente. Isso já foi implementado nos laboratórios G3 e G4. A planilha abaixo apresenta as quantidades, características e consumos elétricos medidos nos equipamentos em cada laboratório.

Tabela 4 – Equipamentos elétricos nos laboratórios de graduação CIn UFPE

Local	Dispositivo	Quantidade	Potência individual (W)	Total (W)	Potência geral (W)
G1	Computadores	40	168,3	6732	15288
	Lâmpadas 32w	24	32	768	
	Split 1	1	7788	7788	
G2	Computadores	40	158,4	6336	14958
	Lâmpadas 32w	24	32	768	
	Split 1	1	7854	7854	
G3	Computadores	48	149,6	7180,8	20521,8
	Lâmpadas 32w	24	32	768	
	Split 1	1	7854	7854	
	Split 2	1	4719	4719	
G4	Computadores	50	137,5	6875	20159
	Lâmpadas 32w	24	32	768	
	Split 1	1	8316	8316	
	Split 2	1	4200	4200	
G5	Computadores	32	143	4576	13198
	Lâmpadas 32w	24	32	768	
	Split 1	1	7854	7854	
				Total (W)	84124,8

Fonte: Gerência de infraestrutura CIn.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO

Para a implementação prática do sistema, adotamos uma versão compacta do CAMPS, desenvolvida especificamente para a aplicação no cenário selecionado. Nessa versão compacta, definimos no código as quantidades e características de cada equipamento instalado nos ambientes monitorados, definimos as regras de inferência, associamos uma pequena agenda para garantir a abertura dos ambientes em horários reservados e as ações do sistema ficam armazenadas em um banco de dados.

A aquisição da informação relativa à quantidade de pessoas utilizando um determinado laboratório em um dado momento, será feita através de um *script* que é executado automaticamente, de cinco em cinco minutos, no servidor de domínio do Centro de Informática. Esse script contabiliza as máquinas onde existem usuários logados, baseado em *scripts* de *logon* e *logout* dos usuários, e armazena as informações em arquivos tipo TXT codificados, que serão acessados pelo CAMPS. Outro script será utilizado para promover o *shutdown* lógico (desligamento) das máquinas nas operações de fechamento dos laboratórios. Essa operação é muito importante para garantir a integridade dos sistemas operacionais durante o desligamento da alimentação dos computadores. O script é “chamado” pelo CAMPS no procedimento de fechar os ambientes. Uma alternativa ao script de *shutdown* seria a utilização das diretrizes de *energy saving* da Microsoft, mas possíveis problemas de compatibilidade dos diversos *hardwares*, principalmente das placas mãe, poderiam não surtir os efeitos esperados, com eventuais crashes no desligamento/ativação dos computadores.

O parâmetro para decisão do fechamento ou abertura dos ambientes foi definido com o limiar de 70% de ocupação dos assentos do laboratório. Esse valor cria uma margem de segurança para o caso de haver equipamentos com problemas de hardware ou de conexão com a rede do CIn. A prioridade de abertura e fechamento dos laboratórios é determinada pela capacidade dos equipamentos dos mesmos. O laboratório selecionado para estar sempre aberto, atendendo o critério disponibilidade 24/7 foi o G5. A sequência de prioridades e os limiares de quantidade de máquinas em uso (70%) estão demonstrados na tabela 5.

Tabela 5 – Tabela de prioridade e quantidade limiar por laboratório

Laboratório	Quantidade Total de máquinas	Limiar de máquinas ocupadas	PRIORIDADE
G5	32	23	1 ^a
G4	50	35	2 ^a
G3	48	34	3 ^a
G1	40	28	4 ^a
G2	40	28	5 ^a
Totais	210	148	

Fonte: Gerência de infraestrutura CIn.

Para o acionamento físico dos dispositivos elétricos como portas, condicionadores de ar, estabilizadores e luzes, foi montado um controlador denominado de CAMPS controller, mostrado na figura 8.

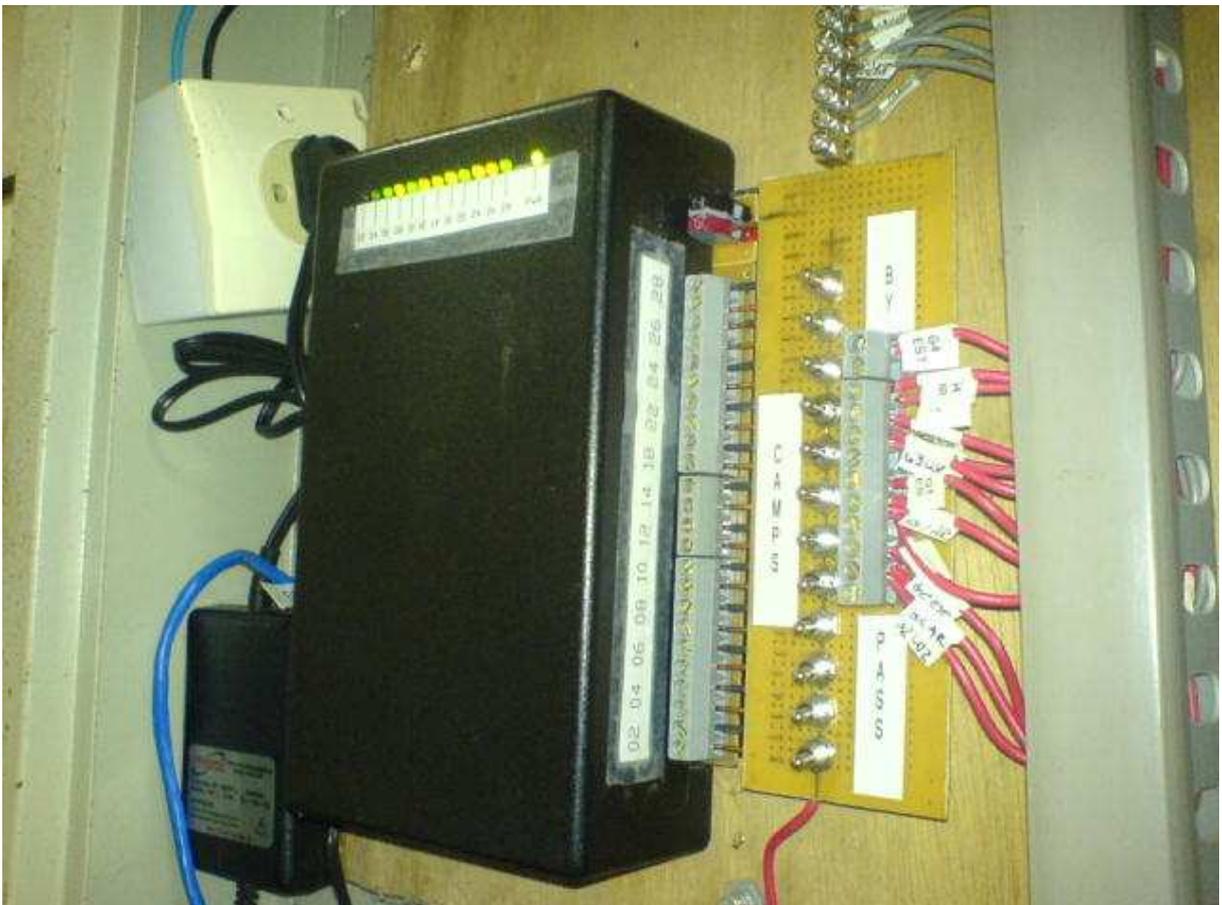


Figura 8 – Controlador CAMPS.

O controlador foi montado a partir de um kit de desenvolvimento fabricado pela Olimex, modelo LPC-E2124 (figura 9), baseado no microcontrolador Philips LPC2124. As principais características do LPC-E2124 são:

- a) Processador de 16-32 bits com arquitetura ARM7 TDMI-S;
- b) 16 Kbytes de memória RAM embarcada;
- c) 256 Kbytes de memória flash embarcada para programa;
- d) Interface Ethernet CS8900
- e) 24LC515 EEPROM for external web storage
- f) Conector padrão JTAG com ARM 2x10 pinos layout para programação/debugging com ARM-JTAG
- g) 12 pinos de I/O digitais
- h) Conversor de interface Interface USB - RS232
- i) Alimentação singela de 5VDC
- j) Reguladores internos de 3,3VDC e 1,8VDC

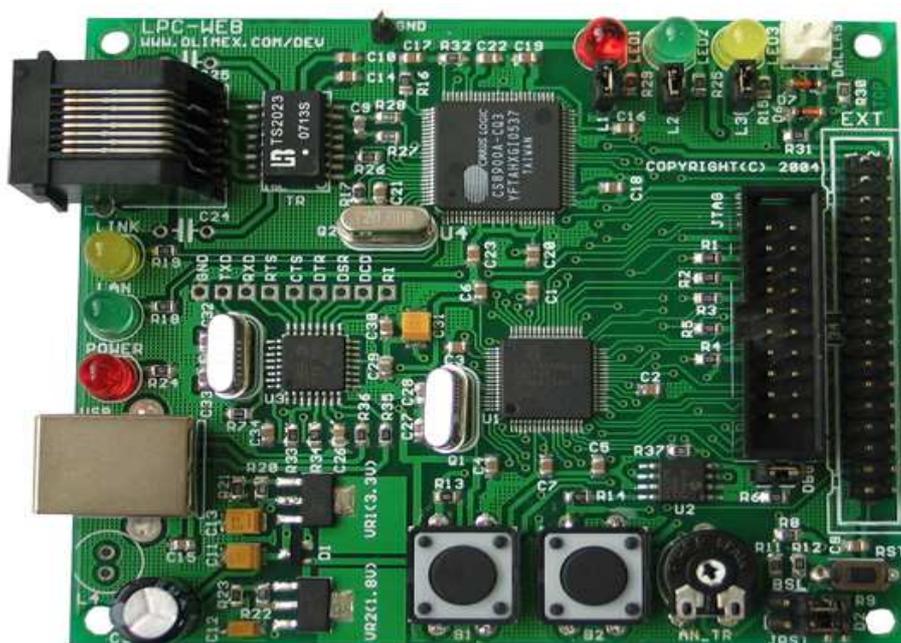


Figura 9 – Olimex - LPC-E2124.

O LPC-E2124 foi programado para acionar uma ou mais de suas 12 saídas digitais através de comandos enviados por uma seção de telnet via TCP-IP. O módulo recebe do CAMPS, uma sequência de caracteres que indica quais pinos devem ser ativados/desativados.

Essas saídas digitais foram conectadas a *buffers* de corrente para o acionamento de reles de contato seco. Todo o conjunto é alimentado por uma fonte chaveada de 12v conectada ao sistema de energia ininterrupta (*no-break*) do CIn.

Para viabilizar a retirada do módulo controlador para eventuais manutenções ou desconsiderarmos suas saídas, foi instalado um banco de 12 chaves com a denominação de *by-pass*. O diagrama de blocos do controlador está representado na figura 10.

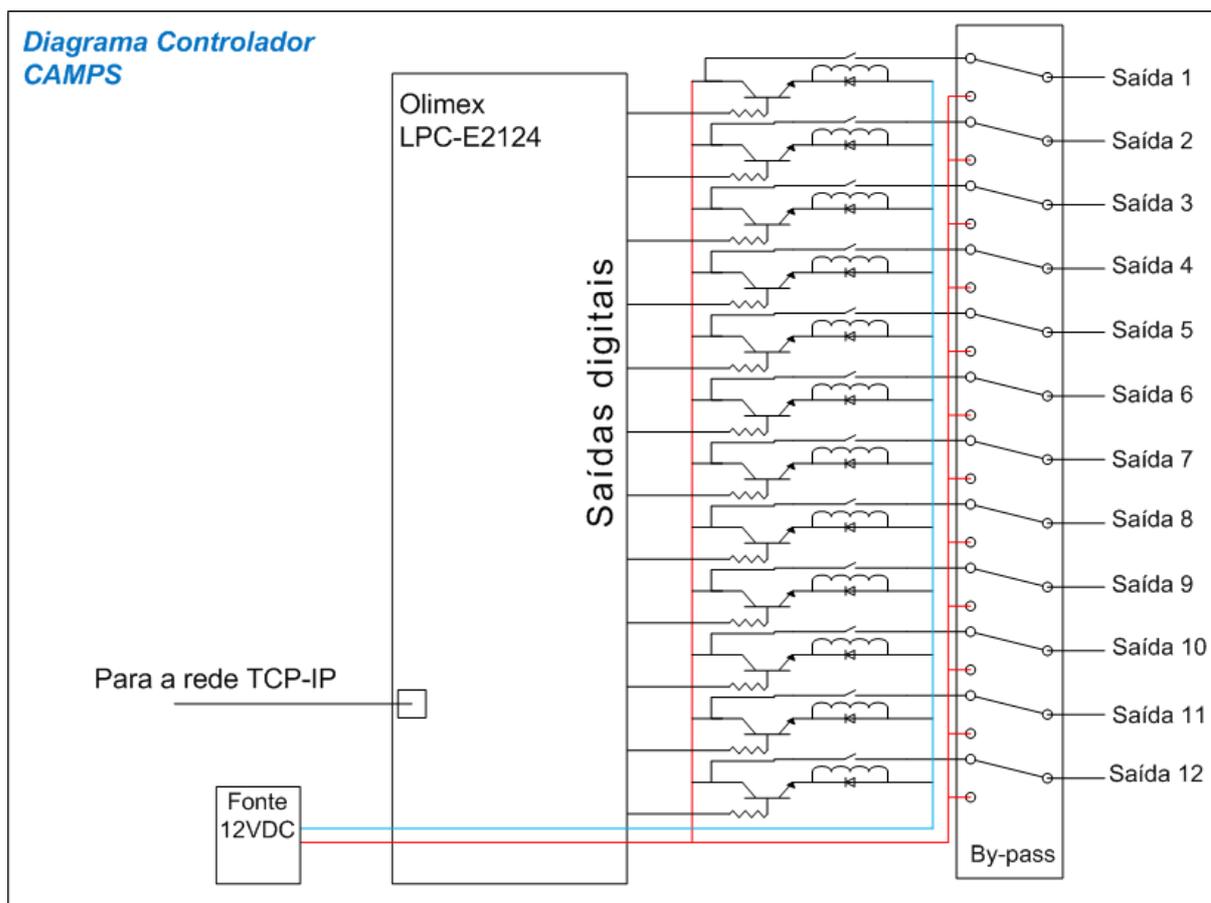


Figura 10 – Diagrama controlador CAMPS.

Como o controlador é responsável pelo controle de diferentes cargas como splits, luminárias, fechaduras eletromagnéticas, estabilizadores de energia, etc, optamos por adicionar um segundo relé, instalado junto ao dispositivo controlado. Isso, além de padronizar o valor da corrente e tensão elétrica de acionamento para todos os dispositivos, oferece maior segurança no manuseio do controlador, uma vez que, as tensões de operação dos dispositivos (110VAC, 220VAC e ou 380VAC) ficaram isoladas dentro dos respectivos equipamentos. A figura 11 demonstra o diagrama unifilar geral do arranjo.

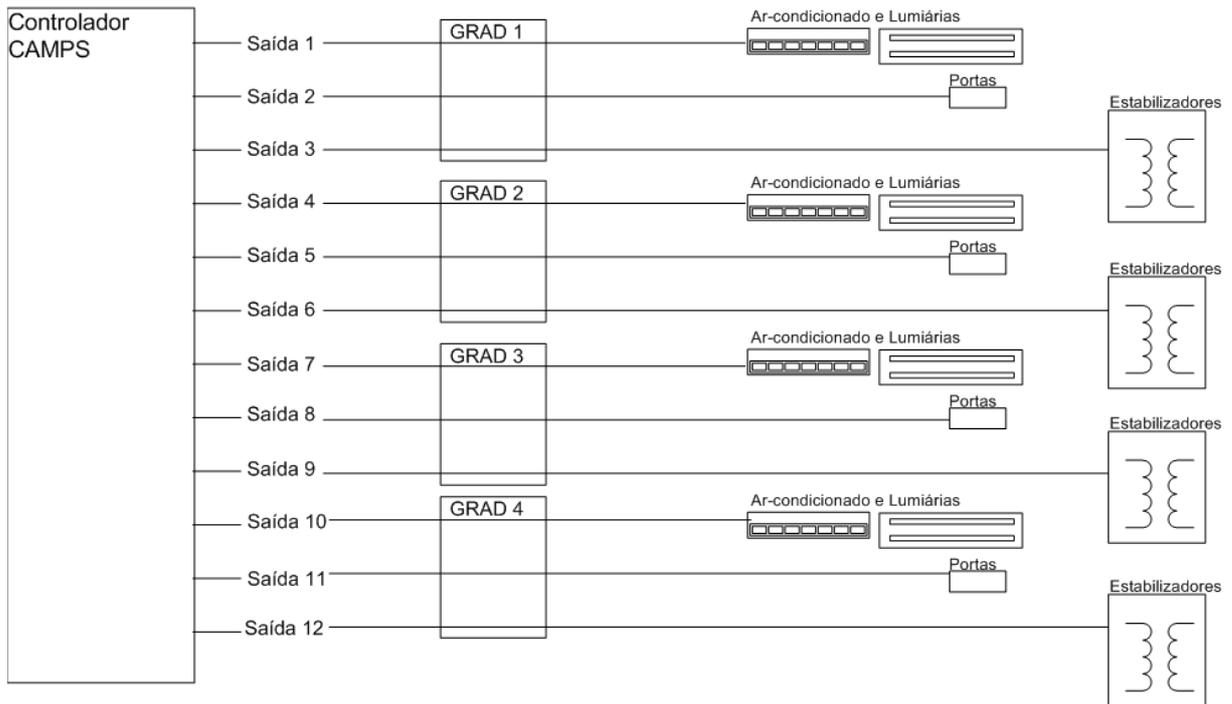


Figura 11 – Diagrama unifilar do arranjo.

Para a obtenção de dados precisos relativos ao consumo, a medição da energia será feita através de um medidor digital com memória de massa, marca CCK Automação, modelo CCK7550E (apresentado da figura 12), instalado na entrada da subestação do Centro de Informática da UFPE. O medidor faz a captura dos valores das grandezas elétricas em intervalos de 15 em 15 minutos. O medidor ainda conta com uma interface Ethernet e está conectado via TCP-IP a um computador com um software para a transferência e análise dessas informações. Os dados coletados foram lançados em uma planilha para a obtenção dos gráficos para análise do comportamento da carga elétrica do Centro de Informática.



Figura 12 – Medidor CCK7550E

A tabela abaixo, apresenta os custos aproximados para a implementação do sistema no Centro de informática:

Tabela 6 – Custos de implantação

Descrição	Unidade	Quantidade	valor unitário	Valor Total
Analista Java pleno	HH	10	R\$ 41,00	R\$ 410,00
Programador Java junior	HH	40	R\$ 21,00	R\$ 840,00
Olimex - LPC-E2124	un	1	R\$ 165,00	R\$ 165,00
Programado C senior	HH	10	R\$ 46,00	R\$ 460,00
Eletricista pleno	HH	40	R\$ 12,00	R\$ 480,00
Material para montagem	un	1	R\$ 900,00	R\$ 900,00
				R\$ 3.255,00

Fonte: Valores de mercado

4.3 RESULTADOS OBTIDOS

Uma amostragem prévia delineou o comportamento do consumo de energia do CIn antes da ativação do CAMPS. O gráfico 1, apresenta o comportamento do consumo de energia do Centro de informática em um dia típico do mês de abril 2009 (dia 8 de abril – quarta feira).

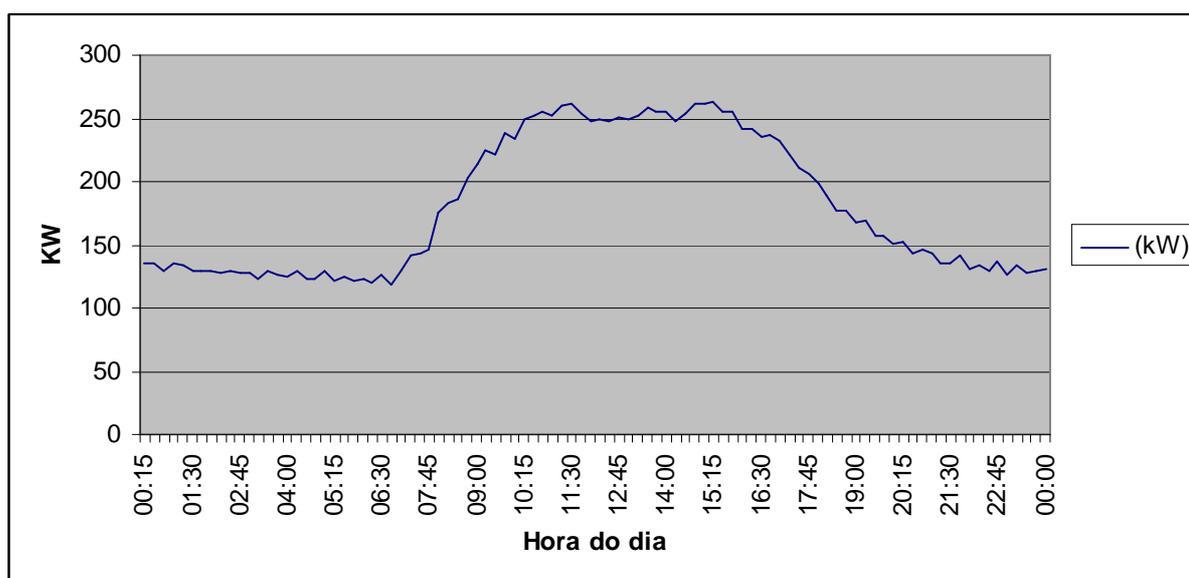


Gráfico 1 – Consumo de energia dia 08 de abril (quarta-feira).

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

Como o medidor de energia do experimento, está conectado à entrada da subestação dos Blocos de A, B e C do CIn, observamos uma queda significativa do consumo de energia elétrica, nos horários a partir das 17:00hs e antes das 8:00hs, isso se dá pelo fato dos usuários dos gabinetes e de projetos desligarem seus sistemas individuais: iluminação e refrigeração, no final do expediente.

O gráfico 2, apresenta o comportamento do consumo de energia do Centro de informática em um final de semana típico do mês de abril 2009 (dia 4 e 5 de abril).

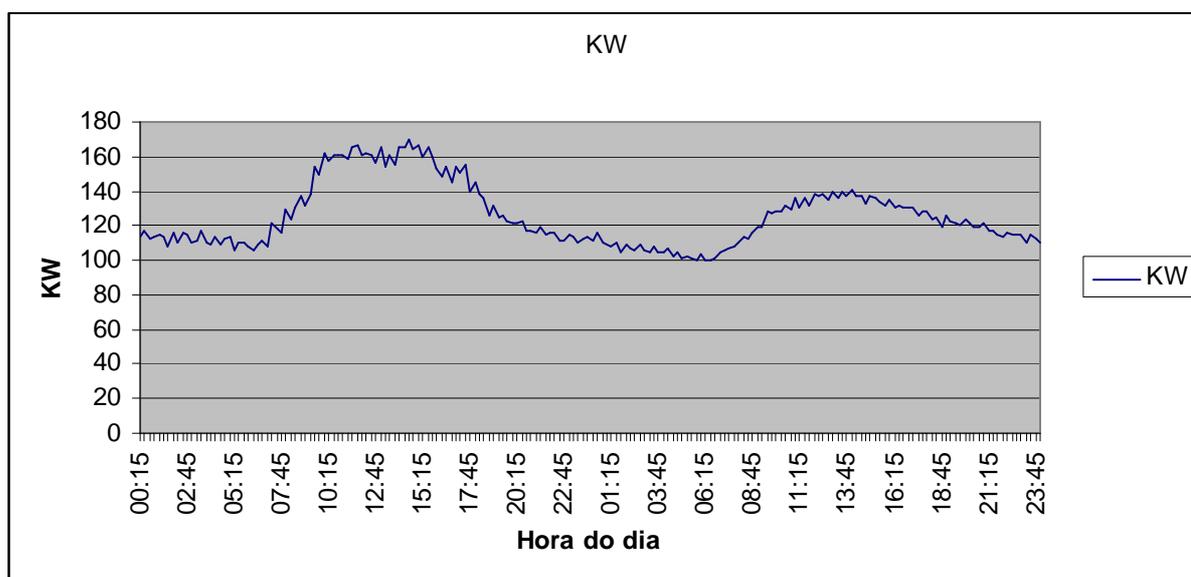


Gráfico 2 – Consumo de energia de 04 a 05 de abril 2009 (final de semana).

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

Como o CAMPS, durante a fase do experimento, funcionará nos períodos entre 22:00hs e 6:00hs em dias úteis (de 2ª feira a 6ª feira) e durante todo o dia nos finais de semana, faremos a observação do comportamento do consumo de energia apenas nesses horários. O resultado para dias úteis (da noite do dia 07/04/09 até a manhã do dia 08/04/09) está representado no gráfico 3.

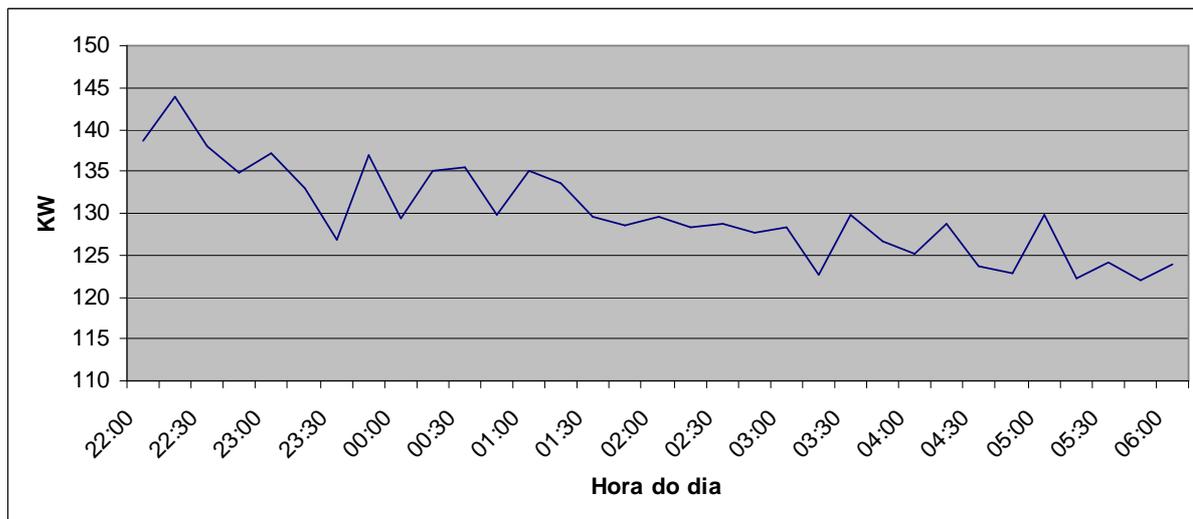


Gráfico 3 - Consumo de energia entre dia 07 e 08 de abril 2009 das 22:00hs às 6:00hs.

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

A partir do dia 09 de abril, o CAMPS foi ativado. A partir dos históricos gerados pelo script que monitora a ocupação dos laboratórios, pudemos obter o gráfico 4, que aponta a quantidade de usuários no centro, nos respectivos horários do dia 09 a dia 20 de abril. A baixa presença no dia 09 e 10 é devida ao feriado de Páscoa 2009

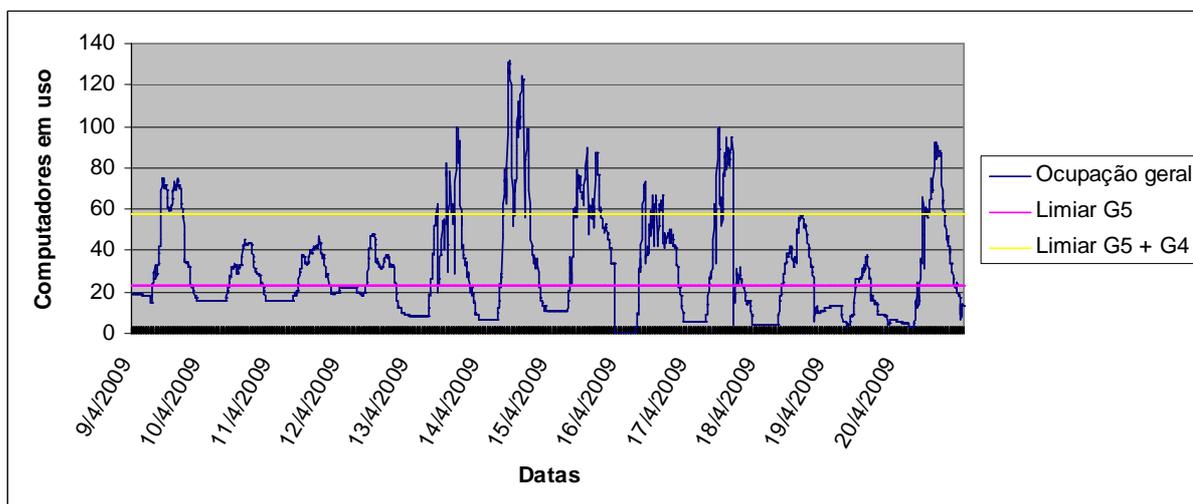


Gráfico 4 – Ocupação dos laboratórios de 9 a 20 de abril 2009

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

Observamos que nos horários de atuação do CAMPS durante as madrugadas o limite de abertura do segundo laboratório (limiar G5) não foi excedido. Já nos finais de

semana, 11-12 de abril e 18-19, a abertura do segundo laboratório (G4), foi necessária no período diurno. O gráfico 5, apresenta o detalhamento do dia 18 de abril como exemplo.

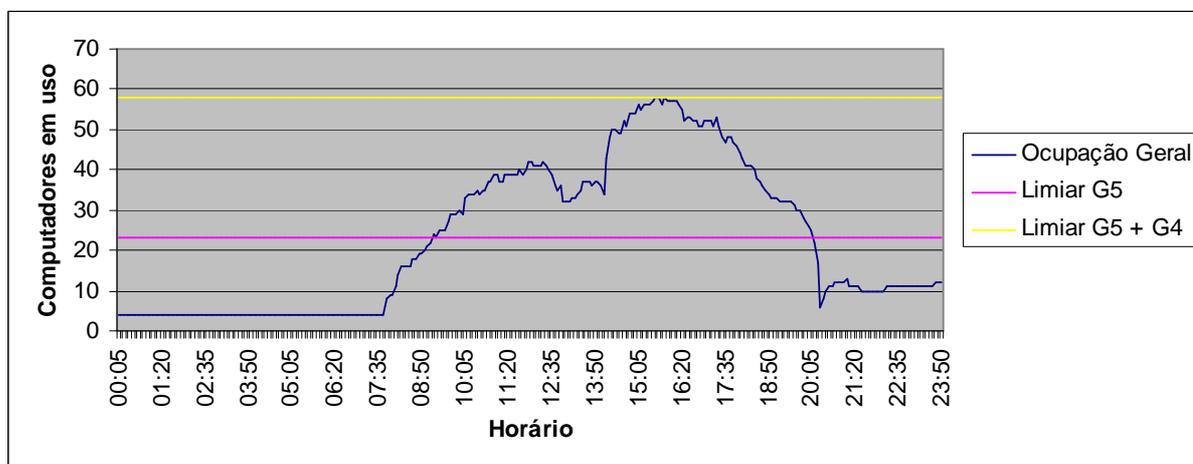


Gráfico 5 – Ocupação dos laboratórios dia 18 de abril 2009

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

A figura abaixo apresenta uma tela do phpMyAdmin, utilitário usado para acessar bases de dados, onde mostramos as ações comandadas pelo CAMPS para o controlador, armazenadas na base de dados criada para o sistema. Observamos, nas três primeiras linhas, os comandos para abrir portas, ligar ar-condicionado/luzes e acionar os computadores do laboratório G4. As operações de desligamento do mesmo estão destacadas nas três linhas seguintes. As diferenças de horário, entre o gráfico de ocupação e o banco de dados, são justificadas pelo não sincronismo dos relógios dos servidores.

	environment	equipment	ts_action_done	turn_on
<input type="checkbox"/>	G4	computer	2009-04-18 11:19:29	1
<input type="checkbox"/>	G4	light-airconditioner	2009-04-18 11:20:30	1
<input type="checkbox"/>	G4	door	2009-04-18 11:20:31	1
<input type="checkbox"/>	G4	computer	2009-04-18 20:21:04	0
<input type="checkbox"/>	G4	light-airconditioner	2009-04-18 20:22:05	0
<input type="checkbox"/>	G4	door	2009-04-18 20:27:06	0
<input type="checkbox"/>	G4	computer	2009-04-19 10:38:46	1
<input type="checkbox"/>	G4	light-airconditioner	2009-04-19 10:39:47	1
<input type="checkbox"/>	G4	door	2009-04-19 10:39:48	1
<input type="checkbox"/>	G4	computer	2009-04-19 15:55:12	0
<input type="checkbox"/>	G4	light-airconditioner	2009-04-19 15:56:13	0
<input type="checkbox"/>	G4	door	2009-04-19 16:01:14	0
<input type="checkbox"/>	G4	computer	2009-04-20 06:02:54	1
<input type="checkbox"/>	G4	light-airconditioner	2009-04-20 06:03:55	1
<input type="checkbox"/>	G4	door	2009-04-20 06:03:56	1
<input type="checkbox"/>	G3	computer	2009-04-20 06:05:00	1
<input type="checkbox"/>	G3	light-airconditioner	2009-04-20 06:06:01	1
<input type="checkbox"/>	G3	door	2009-04-20 06:06:02	1
<input type="checkbox"/>	G1	computer	2009-04-20 06:07:06	1
<input type="checkbox"/>	G1	light-airconditioner	2009-04-20 06:08:07	1
<input type="checkbox"/>	G1	door	2009-04-20 06:08:08	1
<input type="checkbox"/>	G2	computer	2009-04-20 06:09:12	1
<input type="checkbox"/>	G2	light-airconditioner	2009-04-20 06:10:13	1

Figura 13 – Tela do banco de dados

O gráfico 6 apresenta o comportamento do consumo de energia em um dia típico do mês de abril, após o CAMPS ser ativado (dia 15 de abril, quarta-feira).



Gráfico 6 - Consumo de energia dia 15 de abril (quarta-feira) com o CAMPS ativo.

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

Destacando o período de atuação do CAMPS, das 22hs às 06hs, obtemos o gráfico 7 (considerando da noite do dia 14 à manhã do dia 15 de abril).

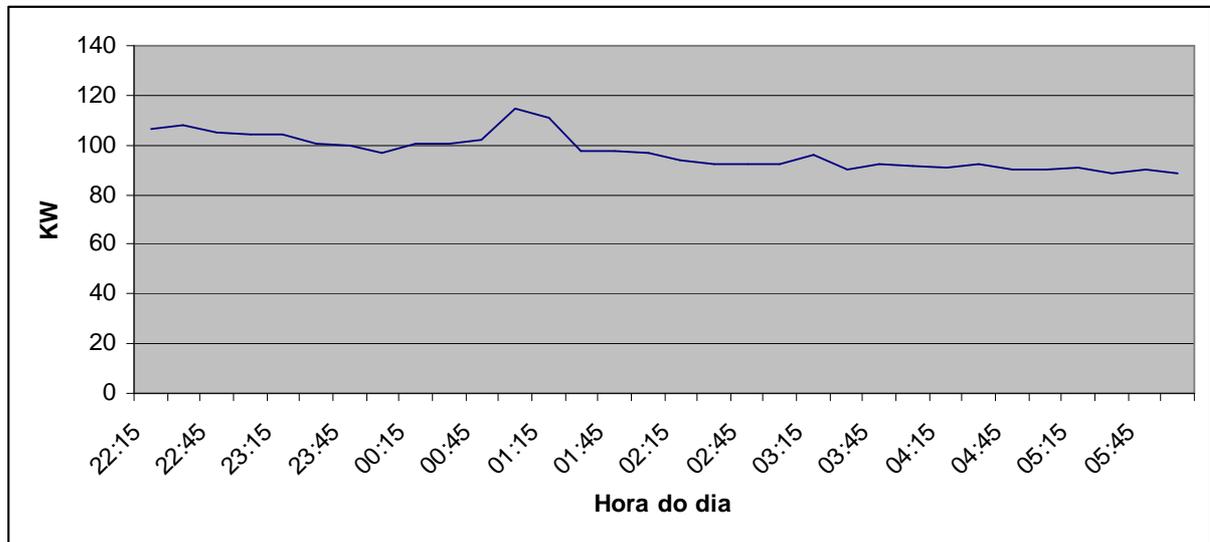


Gráfico 7 - Consumo de energia entre dia 14 e 15 de abril 2009 das 22:00hs às 6:00hs.

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

O gráfico 8 apresenta o consumo de energia em um final de semana (dia 18 e 19 de abril), após a ativação do CAMPS.

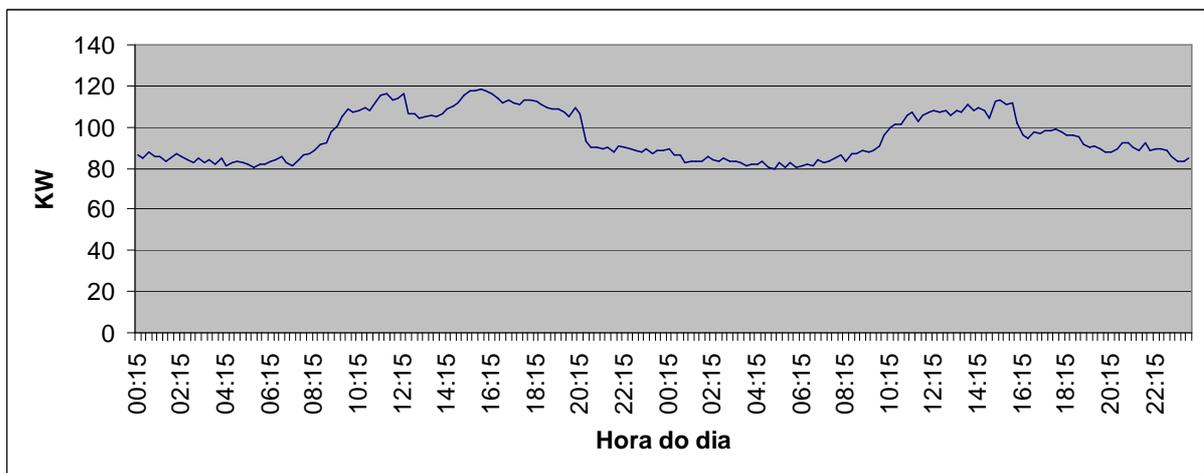


Gráfico 8 - Consumo de energia de 18 a 19 de abril (final de semana) com o CAMPS ativo

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

A diferença de energia entre as duas situações, antes e depois da ativação do CAMPS, foi obtida através da união das duas planilhas, observando-se o horário de amostragem como “sincronizador” das informações. O resultado da diferença entre a situação normal e a situação com o CAMPS ativo para dias úteis está representada no gráfico 9.

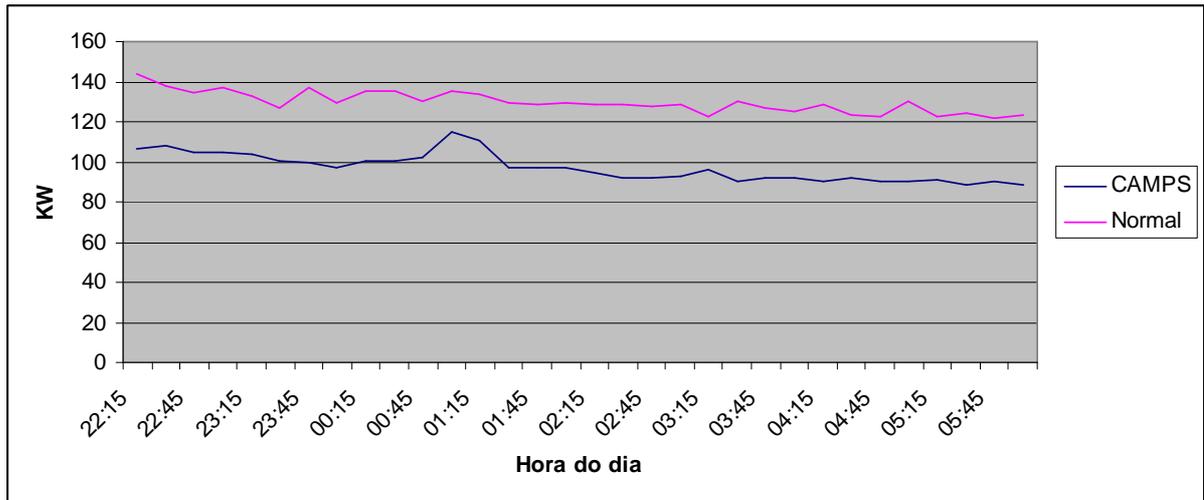


Gráfico 9- Diferença para dias úteis

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

Na comparação para o período do final de semana obtivemos as curvas mostradas no gráfico 10.

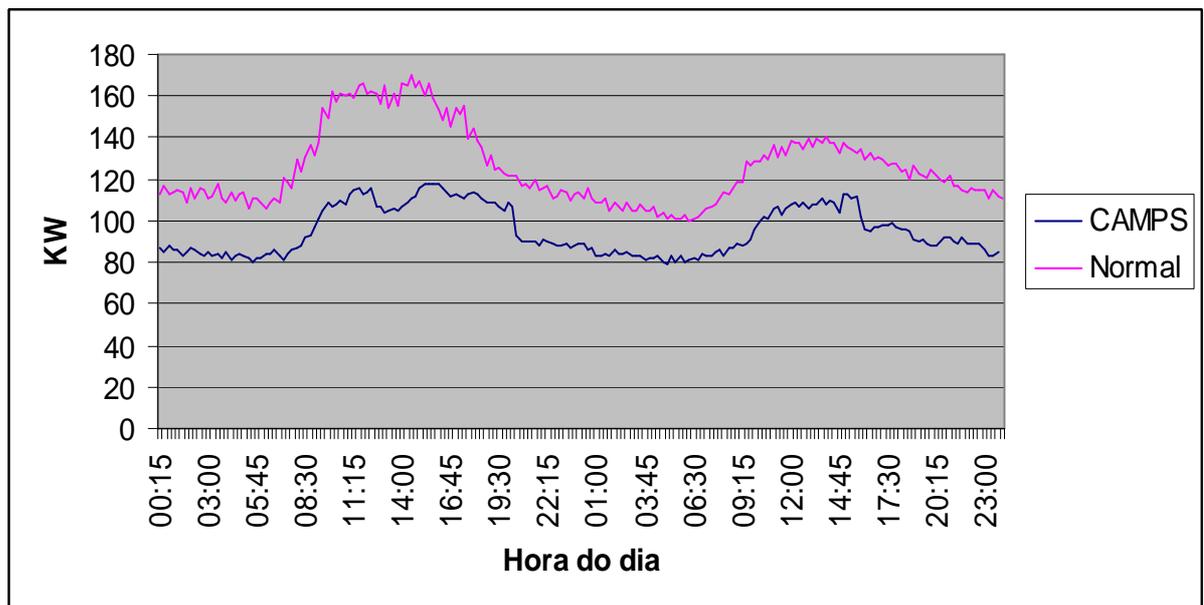


Gráfico 10- Diferença para finais de semana

Fonte: Gerência de Infraestrutura CIn

A economia média, em ambos os gráficos pode ser calculada com a obtenção do valor médio da diferença entre a curva anterior ao CAMPS para a curva do depois do CAMPS.

$$Economia.média = \frac{\sum (Pot.antes - Pot.camps)}{Qtd.amóstras}$$

Aplicando a formula às planilhas obtivemos os seguintes valores.

Tabela 7 – Economias médias

Período	Economia média (KW)
Dia da semana	32,716
Final de semana	31,233

Fonte: Cálculo de resultados

Uma maneira conservadora de aferir o ganho de energia obtido com a ativação do CAMPS é compará-lo com a potência nominal dos equipamentos instalados nos laboratórios, obtida na tabela 4. Esse é o pior caso para comparação, uma vez que a medida nominal considera que todos os equipamentos dos ambientes estão ligados e em pleno funcionamento durante todo o tempo. O valor nominal obtido foi, conforme a tabela 4, 84,1248 KW. Podemos calcular a economia percentual para o cenário com a ativação do CAMPS, tomando valores absolutos de ocorrência em uma semana, como na tabela 7.

Tabela 8 – Tabela economia em relação à carga nominal

Potências	KW	Horas de ocorrência (em uma semana)	KWh	Total KWh
Carga nominal total instalada	84,125	168	14.133,0	14.133,0
Economia média dias semana	32,716	40	1.308,6	2.807,8
Economia média finais de semana	31,233	48	1.499,2	
			Economia percentual	19,87 %

Fonte: Cálculo de resultados

Na prática, esse percentual é maior. Podemos afirmar isso por, pelo menos, dois motivos: nem sempre todos os computadores estão em operação todo o tempo, uma vez desligados à noite, podem só ser reativados quando efetivamente alguém for utilizá-lo e, os compressores dos splits, maior carga individual do sistema, têm períodos de desligamento quando os ambientes atingem as temperaturas de conforto programadas.

Como sabemos, a grandeza de energia elétrica é a multiplicação da Potência em KW pelo tempo em horas e é apresentada em KWh.

$$Energia = Potência \times tempo$$

A área do gráfico resultante da diferença entre a potência antes e depois da ativação do CAMPS é igual à energia economizada. Para obtenção da área aproximada da figura, em uma planilha, fazemos a multiplicação da economia média pelo tempo em horas.

$$Economia = \frac{\sum (Pot.antes - Pot.camps)}{Qtdamostras} \times QtdHoras$$

O valor cobrado pelo KWh, atualmente praticado pela concessionária local para, consumidores do segmento de governo com a adoção de tarifa azul em 13.800V, como é o caso da Universidade Federal de Pernambuco, em horários fora de pico é: R\$ 0,17449 R\$/kWh.

A tabela 8 apresenta as economias encontradas no experimento e sua projeção para o período de 1 (um) ano, além do valor em reais que estima-se poupar.

Tabela 9 – Estimativa de economia anual em reais.

Período	Economia média (E)	Horas período (H)	Ocorrência (um ano) (O)	Economia Total (ExHxO)
Dia da semana	32,716 KW	8h	261	68.310,23 KWh
Final de semana	31,233 KW	48h	52	77.958,40 KWh
			Total	146.268,63 KWh
Valor do KWh (tarifa azul fora do pico)				R\$ 0,17449
Economia média, projetada para um ano				R\$ 25.522,41

Fonte: Cálculo de resultados.

Como podemos constatar, a economia em reais estimada em um ano com a ativação do CAMPS seria de R\$25.522,41, para o custo estimado na tabela 6, teríamos o retorno do investimento já a partir do segundo mês de uso do sistema.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como o comportamento dos usuários em relação ao uso dos laboratórios é sazonal, uma aferição do ganho real no período de um ano, só poderá ser feita com a observação dos demais períodos do ano letivo. Em momentos de alta demanda como a época da entrega dos trabalhos das disciplinas semestrais, por exemplo, a economia líquida de energia certamente será menor, mas teremos um significativo aumento de atuação do sistema na geração e avaliação dos contextos e na abertura e fechamento dos ambientes, ratificando a garantia da disponibilidade, fundamentada nas especificações de requisitos do sistema. Os sistemas continuarão armazenando as informações de quantidade de usuários, consumo de energia e ações do CAMPS. Essas informações ao longo do tempo, num período maior de amostragem, serão uma ferramenta interessante para a continuidade no desenvolvimento do arranjo, possibilitando em trabalhos futuros o aumento da eficácia e flexibilidade do sistema.

Não foi encontrado no mercado nenhum sistema que atendesse as premissas do sistema para que fosse feita uma avaliação comparativa, principalmente no que tange a sensibilidade ao contexto. Sistemas de automação programados, existente em vários fabricantes, não garantiriam a disponibilidade dos ambientes como o arranjo implementado.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A utilização de sensibilidade a contexto dá uma nova funcionalidade a automação de sistemas elétricos. A economia de energia alcançada com a implementação prática, sem o comprometimento do acesso aos ambientes, serve para convencer até os maiores críticos do assunto. Não trata-se apenas de desligar equipamentos em horários e situações programadas, temos a disponibilidade garantida por um sistema sensível ao contexto que, diferentemente da automação convencional, responde às necessidades ocasionais de demandas inesperadas. Está aí seu grande diferencial.

A adoção de um *middleware* como camada intermediária, sem dúvida dá ao sistema uma flexibilidade importante em relação a pelo menos dois aspectos importantes:

- a) Torna o sistema funcional para uma vasta gama de aplicações; essa abrangência confere uma escala de produção que tende a baratear tanto o custo desenvolvimento do *core* do *middleware*, quanto as aplicações que interagem com o mesmo.
- b) A possibilidade de utilização de qualquer dispositivo físico, com respectivo aplicativo aderente ao *middleware*, garante a viabilidade financeira dos projetos uma vez que a adoção do hardware necessário ao sensoriamento (variáveis de contexto) e ao acionamento pode ser feita sem “amarração” a padrões ou fabricantes; o custo é ditado pela criatividade do projetista, e pela disponibilidade financeira do solicitante.

Como opção para trabalhos futuros, sugerimos o aprimoramento do CAMPS, conferindo-lhe maior flexibilidade e resiliência além da possível integração de inteligência artificial em suas inferências. No que tange às aplicações relacionadas à racionalização de energia, um desafio interessante é o desenvolvimento de acionadores, sensores e seus controladores, de baixo custo, que utilizem a infraestrutura existente disponível. Por exemplo: na maioria dos ambientes atendidos por cabeamento estruturado alguns pares metálicos dos cabos, mesmo dos pontos utilizados, ficam disponíveis. Esses pares poderão ser utilizados para o envio de parâmetros elementares tais como presença humana e existência de iluminação, da “borda” (gabinete) para o centro (rack). Isso reduz sensivelmente o custo dos dispositivos sensores, agora discretos, uma vez que apenas um equipamento ativo, instalado

no rack central, será necessário. Da mesma forma, comandos de ligar ou desligar dispositivos, poderão ser enviados no sentido contrário, do centro para a “borda”.

Um par metálico do ponto utilizado pelo telefone do gabinete poderá ser usado para a instalação de um sensor de luminosidade. Essa informação (sala acesa ou apagada) chegará em um ponto central, que também receberá as mesmas informações provenientes dos demais gabinetes. O equipamento central informará ao *middleware*, através de uma aplicação, a situação em que se encontra a luz daquele gabinete: está acesa ou está apagada. Outras informações como: horário, iluminação natural nos corredores, pontos de rede ativos e logados nos gabinetes, caracterizarão um contexto que poderá levar o *middleware* a inferir que a iluminação elétrica da circulação poderá ser reduzida, visto que os usuários estão em seus gabinetes, naquele momento. O simples apagar da luz de um gabinete, mudará o contexto, e poderá fazer o *middleware* disparar um comando para o acionamento total da iluminação da circulação, por todo o caminho até a saída do usuário. Esse arranjo, além de garantir a economia de energia na iluminação da circulação em momentos ociosos, confere ao usuário que estava no gabinete, o conforto de circular em um corredor totalmente iluminado, sem o incômodo de, como nos modelos tradicionais de automação, ter que caminhar no escuro, até se aproximar do próximo sensor de presença para que esse acione as luminárias e ilumine o caminho! Quando o usuário passar seu crachá na catraca, do sistema de acesso ao prédio, que também poderá estar registrado no *middleware*, fará com que se forme um novo contexto e a iluminação da circulação voltará ao modo econômico, desligando a maioria de suas lâmpadas.

O conceito está lançado. A criatividade é o limite!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPE, Resenha mensal do mercado de energia elétrica, disponível em http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20090123_1.pdf, acessado em 20 de abril de 2009
- ANEEL, Informações do Setor Elétrico. Disponível em: <
<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=39> >. Acesso em: 17 out. 2008
- TERRA, Dados de desperdício energético são conservadores. Disponível em <http://terramagazine.terra.com.br/interna/0,,OI2943861-EI6780,00-Dados+de+desperdicio+energetico+sao+conservadores.html> Acesso em: 24 out. 2008
- DEY, Anind, et al, A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications, *HCI Journal*, 16 (2-4), 2001, p. 97-166.
- Mariotoni C. A. & Andrade E. P. (2002). Descrição de Sistemas de Automação Predial Baseados em Protocolos PLC Utilizados em Edifícios de Pequeno Porte e Residências. *CTAI - Revista de Automação e Tecnologia da Informação*. Volume 01 nº 1 Janeiro/Junho 2002
- EPE, Resenha mensal do mercado de energia elétrica. Ano I No 12 09/2008 disponível em http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20080929_1.pdf Acesso em: 24 out. 2008
- EPE/COPAM, Projeções da demanda de energia elétrica 2008-2017. Disponível em http://epe.gov.br/PDEE/20080416_2.pdf Acesso em: 24 out. 2008
- NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. Uso racional: a fonte energética oculta. *Estud. av.*, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142007000100008&lng=&nrm=iso>. Acesso em: 24 2008. doi: 10.1590/S010340142007000100008.
- INMETRO, Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em <
<http://www.inmetro.gov.br/imprensa/releases/pbe.asp> >. Acesso em: 24 out. 2008
- LEONELLI, P. Cenários de Oferta e Preços de Energia: Papel da Eficiência Energética e da Cogeração de Energia - Visão Presente e Futura. In: 3º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética e Cogeração de Energia. São Paulo: MME, 2006.
- SCHILIT, B.; THEIMER, M. Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts. *IEEE Network*, [S.l.], 1994.
- RYAN, N.; PASCOE, J.; MORSE, D. Enhanced reality fieldwork: the contextaware archaeological assistant. *Computer Applications in Archaeology*, [S.l.], 1997.

DEY, A. Context-aware computing: The CyberDesk project. In: SPRING SYMPOSIUM ON INTELLIGENT ENVIRONMENTS, 1998. Anais. . . AAAI, 1998.

HULL, R.; NEAVES, P.; BEDFORD-ROBERTS, J. Towards situated computing. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WEARABLE COMPUTERS, 1997. Anais. . . ,1997.

YAMIN, A.; AUGUSTIN, I.; BARBOSA, J.; SILVA, L.; REAL, R.; CAVALHEIRO, G.; GEYER, C. Towards Merging Context-Aware, Mobile and Grid Computing. International Journal of High Performance Computing Applications, Londres, v.17, n.2, p.191–203, 2003.

DEY, A.; ABOWD, G. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. Workshop on the what, who, where, when and how of context-awareness at CHI 2000, [S.l.], Abril 2000.

FORESTI P. Remagnino and G.L Foresti, “Ambient Intelligence: A New Multidisciplinary Paradigm”, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A, Volume 35, Issue 1, pp. 1 – 6, Janeiro 2005

LINDWER, Menno, Diana Marculescu, Twan Basten, "Ambient Intelligence Visions and Achievements: Linking Abstract Ideas to Real World Concepts". 2003 IEEE.

GARATE, A. I. Lucas, N. Herrastini and A. Lopez, “Ambient intelligence as paradigm of a full automation process at home in a real application”, IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation. (CIRA 2005), pp 475-479, Junho 2005.

OBJECT Web Open Source Middleware. Acessado em 28 de dezembro de 2005, disponível em: <http://middleware.objectweb.org/>

CAMPBELL Andrew T., Geoff Coulson, Michael E. Kounavis. "Managing Complexity: Middleware Explained," IT Professional, vol. 01, no. 5, pp. 22-28, September/October, 1999

ARAUJO, JAIR J., CARLOS E. PEREIRA “ANÁLISE DE PROTOCOLOS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL/RESIDENCIAL” obtido em:

<http://www.lti.pcs.usp.br/robotics/grva/publicacoes/outras/cba2004-cd-rom/cba2004/pdf/832.pdf>, acessado em 07 de abril de 2009

HARPER, Richard - Inside the smart home, acessado na web no endereço:

<http://books.google.com/books?id=SvcHvHuv86gC&printsec=frontcover&hl=pt-BR>, em 07 de abril de 2009

FLORES, António Manuel L. Quadros , A criação de valor no binómio: “casa inteligente” / consumidor, acessado na web no endereço <http://www.aedie.org/9CHLIE-paper-send/394-FLORES.pdf>

FRANCO, Ivan, “A Casa do Futuro Interactiva”, Cap. “Sensores e Actuadores: os Sentidos e Músculos da Casa Inteligente”, 2003

HUEBSCHER, Markus C. e Julie A. McCann Adaptive middleware for context-aware applications in smart-homes. 2nd workshop on Middleware for pervasive and ad-hoc computing Toronto, Ontario, Canada 2004, acessado de

<http://delivery.acm.org/10.1145/1030000/1028511/p111-huebscher.pdf?key1=1028511&key2=8314519321&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=30146180&CFTOKEN=96097491>

TAKIUCHI, Marcelo; Erica Melo; Flavio Tonidandel. “Domotica Inteligente: Automacao Baseada Em Comportamento”. Publicado em: CBA 2004 - XV CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 2004, Gramado - RS. Anais do XV Congresso Brasileiro de Automática. 2004.

BROOKS, A.R. (1997). The intelligent Room Project. em: 2th International Cognitive Technology Conference (ICT'97). Proceedings. Aizu, Japão, 1997.

VÖLTER, M., Kircher, M. and Zdun, U. Remoting Patterns: Foundations of Enterprise, Internet and Realtime Distributed Object Middleware. Wiley Series in Software Design Patterns, 2004.