



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GCE-11
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XIV
GRUPO DE ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCE**

GERENCIAMENTO DE EDÍFÍCIOS COM ALTA TECNOLOGIA: *RETROFIT* E AUTOMAÇÃO

José C. B. Andrade*
**PPGEE
PUCMG**

Eduardo H. Gonçalves
**PPGEE
PUCMG**

RESUMO

Conservação da energia. *Retrofit*. Automação predial. Informática. *Software*. Edifícios inteligentes. Juntos, em um mesmo espaço físico, com bem estar, qualidade e produtividade. O racionamento-redução do consumo-privação versus a racionalização-redução do consumo-equipamentos eficientes, pelo *retrofit* e gerenciamento.

PALAVRAS-CHAVE

Automação Predial. *Retrofit*. Gerenciamento de Edifícios de alta tecnologia. Eficiência energética. Racionamento. Racionalização.

1.0 - INTRODUÇÃO.

Hoje, existem inúmeros estudos para a construção da "Superestrada da Informação", onde a fusão das telecomunicações/informática, a globalização da economia mundial e a necessidade de economia energética poderão conduzir a uma nova forma de organização, cujos impactos podem ser comparados à Revolução Industrial.

Uma entidade internacional disseminadora dos edifícios com alta tecnologia [1], o IBI – *Intelligent Building Institute*, define o edifício inteligente como "o que oferece ambiente produtivo/econômico pela otimização de quatro elementos básicos: estrutura, sistemas, serviços e gerenciamento e, suas inter-relações.."

A automação e o gerenciamento são alguns dos pilares da concepção de edifícios inteligentes, pela necessidade de aliar a tecnologia à eficiência

energética, pelos problemas de racionamento e economia de meios ambientais e pela premência de sistematizar e garantir os ganhos em economia de energia.

As concessionárias de energia elétrica vivem certas dificuldades, se prepondera a geração hidroelétrica, devido aos problemas climáticos ocorridos (2000-2001). Os investimentos em geração, por outras alternativas, têm apresentado custos elevados e aspectos ambientais e de segurança críticos [2]. Além disto, a disponibilidade adicional de geração, pela economia no consumo, chega a ser 5 vezes menos onerosa que novos investimentos na geração e transmissão.

Estudos para o consumo racional da energia elétrica, com produtividade e economia imediata, podem mudar o panorama energético. Assim, procura-se aplicar o *retrofit* e automação em áreas diversas, abrangendo [3]:

- a) Telemática;
- b) Birótica;
- b) Domótica;
- d) Automação predial.

Retrofit

Retrofit é uma palavra inglesa que significa readequação ou reajustamento. Ela define qualquer tipo de reforma, sendo utilizada por engenheiros, arquitetos

e pesquisadores envolvidos com eficiência energética em edificações, para definir alterações ou reformas em sistemas consumidores. Ele pode ser um potencial de economia de energia, devido aos avanços tecnológicos

* Av. Dom José Gaspar, n.º 1500 Coração Eucarístico- CEP 30535-610 - Belo Horizonte - MG - BRASIL
Tel.: (031) 3319-4548 - Fax: (031) 3319-4305 - E-MAIL: jcba@pucminas.br

dos sistemas de iluminação, ar condicionado e controle.

A readequação tecnológica de equipamentos como luminárias, lâmpadas, reatores, equipamentos de ar condicionado de maior eficiência e a incorporação de sistemas de automação predial constituem-se em melhoria do desempenho energético dos edifícios, sem causar o desconforto e o descontentamento dos usuários e clientes.

Edifícios Inteligentes - EI

Um estudo de edifícios de alta tecnologia pode basear-se, Pinto, J. R. [3], na “comparação do custo inicial destas edificações, projetadas para durar cerca de cinquenta anos, com a folha de salários dos seus ocupantes, pelo mesmo período”; ou ainda, “na comparação com os custos de manutenção dos equipamentos, previstos para durar cerca de quinze anos”. Pode-se ainda concluir que se forem contidos os consumos de energia, com tendência crescente de custos, em poucos anos (cerca de três anos para o retorno do investimento em controle predial) é possível justificar a automação (valor até 3% do total do empreendimento)”.

Num estudo feito nos EUA sobre custos envolvidos durante a vida útil de uma edificação, concluiu-se que ao longo de 40 anos o arcabouço físico (construção, instalação e manutenção) corresponde a menos de 4% do total do custo da edificação, considerando-se os dispêndios com equipamentos (3%) e salários pagos a seus ocupantes (93%). Por outro lado, segundo este mesmo estudo, a produtividade dos profissionais alocados em edifícios, com certo grau de automação, subiu de 9 a 10%, em comparação com aqueles trabalhando em edifícios sem automação [4 a 6].

Pode-se, numa análise prévia, comparar a situação atual, com a situação proposta [7]:

Situação Atual	Conseqüências
Multiplicidade de cabos	Manutenção cara e complexa
Redes não compatíveis	Integração de serviços ?
Falta de uniformidade	Problemas de reposição
Sem evolução de RDSI	Obsolescência a curto prazo

Tabela 1.1 – Situação atual e conseqüências

Com a automação e gerenciamento pretende-se alcançar num edifício:

Situação Proposta	Conseqüências
Automação de escritórios	Melhoria da produtividade
Integração de serviços	Manutenção mais barata
Mecanização de serviços	Melhoria de controle
Normas RDSI	Rede universal/fabricantes

Tabela 1.2 – Situação proposta e conseqüências

Se for considerado o gerenciamento da edificação (automação predial) obtém-se um aumento da qualidade de vida. Exemplo: um usuário poderá, por telefone ou terminal de computador, modificar as condições do ar-condicionado ou de iluminação de sua sala, antes de chegar ao seu escritório ou residência.

O incremento qualitativo nas condições ambientais poderá ser conseguido através da distribuição do controle aos próprios usuários. Se o indivíduo tem autonomia para escolher seu ambiente de trabalho-sua temperatura e iluminação, ele certamente o configurará da maneira que mais lhe agrada.

Como mencionado por Giancarlo Corazza, quando conceitua o edifício inteligente: *Il concetto di Edificio Intelligente* [8], “Um edifício é uma construção destinada a alojar pessoas, fornecendo-lhes as condições necessárias para desenvolver do melhor modo as atividades previstas”. A afirmação, quando proferida, foi puramente arquitetônica mas pressupõe uma série de instalações e serviços para a manutenção das condições de habitação e trabalho.

2.0 – ALGUNS ASPECTOS DA MODERNIZAÇÃO DE UM EDIFÍCIO INTELIGENTE - EI

A estrutura para um *EI* é o resultado de um conjunto de sistemas que devem operar de forma integrada, oferecendo um vasto campo de serviços ao usuário, permitindo a incorporação de novos equipamentos e aplicações oriundos dos avanços tecnológicos.

A maioria dos edifícios possui uma grande quantidade de instalações e serviços:

- Instalações elétricas;
- Iluminação;
- Rede hidráulica;
- Linhas telefônicas;
- Elevadores, etc.

Hoje aparecem sistemas mais sofisticados:

- Condicionamento ambiental;
- Controle de acessos;
- Detecção e extinção de incêndios;
- Proteção patrimonial;
- Serviços de voz e imagem, etc.

Tais instalações e serviços são independentes uns dos outros e, quase sempre, foram instalados em etapas distintas da vida do edifício, adaptando-se à situação existente e sem influenciar na sua concepção estrutural.

As novas tecnologias da informação/comunicações, trazem uma *Nova Forma de Projetar e Construir*, descrita por Romano Del Nord, em *La gestione dell'integrazione nella progettazione degli edifici intelligenti* [8] e adotado nos modernos edifícios atuais. Sua estrutura se adapta ao desenvolvimento de novas tecnologias, integrando as instalações anteriormente citadas e permitindo novas aplicações.

Os primeiros antecedentes dos “Edifícios de Alta Tecnologia” estão ligados à procura, a partir da crise

energética, de fórmulas para a economia de energia (1/3 dela no mundo desenvolvido é consumida pelo setor de edificação), [9]. Junto à administração da energia surgem novos métodos de trabalho, através do desenvolvimento vertiginoso da informática, produzindo uma redução nos custos dos equipamentos graças às novas gerações dos microprocessadores.

3.0 – GERENCIAMENTO DE EDÍFÍCIOS DE ALTA TECNOLOGIA

Sua operação e gerenciamento estão baseados em uma programação sistêmica e tem como objetivo as tarefas:

- Manutenção das instalações e serviços;
- Contabilidade dos gastos, com propriedade ou aluguel;
- Informações: eficiência e consumos energéticos;
- Funcionamento dos diferentes sistemas e suas avarias.

O sistema de gerenciamento é constituído por:

- posto central* –lugar de coordenação da inteligência distribuída por diferentes unidades. Ele vigia, controla e modifica o funcionamento de diferentes sistemas;
- unidades descentralizadas e autônomas*–dispositivos intermediários gestores do processo;
- unidades periféricas*-receptores ou emissores de informação atuando sobre os equipamentos;
- rede de transmissão de informação*–entre os 03 níveis.

O gerenciamento produz informações da eficiência energética dos usos do edifício e sobre o estado das instalações e anomalias. Permite a automação das instalações pelo esquema de horários de partida e parada e, pelo calendário. Tem-se uma revisão contínua e centralizada, em vez de periódica das instalações.

Outros aspectos: manutenção programada, função do número de horas de funcionamento; planificação do trabalho; previsão ou reparações de emergência. Estes procedimentos levam a um menor número de avarias e à redução dos consumos energéticos [10].

3.1 - Conceitos Gerais

As técnicas de supervisão, controle e regulação das instalações dos edifícios evoluíram, até chegar ao conceito de controle distribuído:

Regulação convencional: reguladores pneumáticos, elétricos ou eletrônicos que atuam sobre válvulas, motores, comportas, etc. de forma automática, em função de valores fornecidos por sensores, com regulação tudo/nada ou proporcional.

Tratamento de dados à distância: com os equipamentos de telecomando e telemedição são realizadas ações de controle e de supervisão à distância. Evita-se a necessidade da presença do operador onde se encontram os quadros de sinalização e controle.

Com o direcionamento de pontos por multiplexação, passou-se da utilização de maços multicabos, para

cada ponto eram requeridos ao menos dois condutores independentes para coleta de informações, para a utilização de pares de fio comum para grande quantidade de dados, com o que se consegue longas distâncias de supervisão e controle.

Centralização: por este meio, os dados do estado dos sensores e atuadores e, das grandezas a serem controladas, são reunidos e processados por programas de tratamento de dados e de economia de energia. As características de transmissão, telecomando e telemedição dos temas anteriores são mantidas.

A responsabilidade das ações de controle reside no equipamento central, o que implica em grave risco de paralisação total na eventualidade de sua avaria. Ele dispõe de uma unidade de cálculo lógico e aritmético para as operações de cálculo, como resultado de algoritmos existentes ou criados pelo usuário, exercendo as auditorias ativas de energia como base fundamental para uma ação eficaz de economia.

Controle digital direto: denominação das ações de regulação, à distância, que suprimem os reguladores físicos, substituindo-os por programas adequados. Os microprocessadores proporcionam o desenvolvimento de equipamentos de baixo custo, que efetuam a regulação automática digital, e permitem realizar as funções de aquisição, telemedição, telecomando e centralização. As sondas e captadores que executam a regulação servem para informar. Eles facilitam o controle direto, já que o algoritmo de regulação dispõe de seus próprios parâmetros, pontos de comando, entradas e saídas diretas, permitindo conhecer a posição dos atuadores.

Controle distribuído: ligado ao controle digital direto, consiste na distribuição em campo de reguladores autônomos, com inteligência própria, que efetuam o controle digital direto e se conectam ao computador para que o operador possa exercer as funções do controle. Os equipamentos são autônomos, [7].

4.0 – CASO EXEMPLO [10]

O Hospital de *Gotham City* (nome fictício), cliente atendido em média tensão pela CEMIG S/A, THS-Verde, teve de obedecer a uma redução de consumo de 10% (dez por cento) sobre a média dos três meses de consumo de maio a julho de 2000, Resolução 001/2001 do GCE – Comitê de Gestão da Crise Energética, do governo federal. O estudo, iniciado no período do racionamento (janeiro a dezembro de 2001) considerou esta a meta mínima (de 10%) a ser atingida. Após o racionamento (janeiro/2002), houve o interesse de reduzir permanentemente o consumo de energia, para um menor dispêndio financeiro pela instituição. Futuros problemas de racionamento poderiam ser evitados. Deve-se acrescentar que existem cerca de 50 hospitais na Grande Belo Horizonte-MG do porte do hospital-tomado como caso exemplo.

4.1 - Análise do Racionamento

Obteve-se uma redução de consumo nos três primeiros meses de racionamento (média de 20664 kWh/mês), valor inferior à meta de consumo estabelecida pelo CGE (média de 21576 kWh). O atendimento às medidas impostas pelo racionamento foram alcançadas.

Durante o racionamento, foram tomadas medidas emergenciais para reduzir o consumo (privação do uso):

- Redução do consumo (desativação) de lâmpadas em corredores, escadas, rampas de acesso, iluminação externa e salas de espera; diminuindo a iluminância dos ambientes;
- Desligamento de refrigeradores, à noite;
- Redução no uso de condicionamento ambiental, durante o verão, no setor administrativo;
- Diminuição da utilização de equipamentos de informática, etc.

A meta imposta pôde ser atingida com as ações citadas, nem sempre possíveis em uma instituição hospitalar, ou instituição de natureza similar, tabela 4.1 e figura 4.1.

Histórico de Consumo (kWh/mês)		Meta 2001
Mai/00	24272	-
Jun/00	22714	-
Jul/00	23534	-
Ago/00	24436	-
Set/00	25338	-
Out/00	22960	-
Nov/00	25010	-
Dez/00	21976	-
Jan/01	23862	21576
Fev/01	18860	21576
Mar/01	19844	21576
Abr/01	20090	21576

Tabela 4.1 – Histórico e meta de Consumo do Hospital

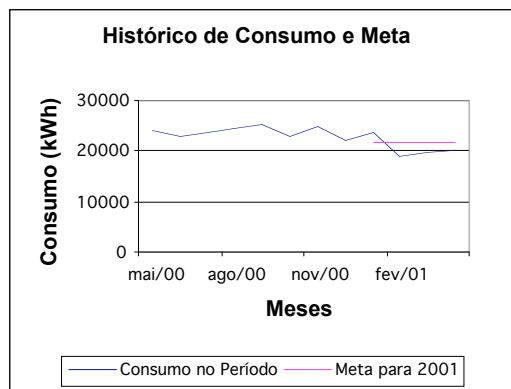


Figura 4.1 – Ilustração da Tabela 4.1

O levantamento do consumo de energia, para cada uso final, é apresentado na tabela 4.2:

Uso Final	Consumo (kWh/mês)	Percentual
-----------	-------------------	------------

Iluminação	3047	14,9%
Autoclaves	10851	53,2%
Aquecimento	2956	14,5%
Refrigeração	1046	5,1%
Motores	657	3,2%
Cond. Ambiental	Pouco significativo	0,0%
Informática	1072	5,3%
Equipamentos	768	3,8%
Total	20397	100,0%

Tabela 4.2 – Consumos do Hospital Gotham City

As autoclaves e a iluminação, juntas, somam cerca de 69% do consumo total. Para os equipamentos de aquecimento foram considerados os berços aquecidos, os chuveiros e outros equipamentos.

4.2 – Retrofit para o caso exemplo

De posse dos dados de consumo para cada uso final, procedeu-se a uma análise do potencial de conservação de energia e as recomendações necessárias para a readequação tecnológica do edifício (*retrofit*):

-Autoclaves: Racionalização do uso

-Iluminação – Análise da potência instalada, avaliação dos níveis de iluminação (NBR 5382) e novo projeto luminotécnico, com substituição das lâmpadas fluorescentes de 40 Watts, reatores magnéticos e luminárias de calha chanfrada, por lâmpadas de 32 Watts, reatores eletrônicos e luminárias com refletor de alumínio. Foi considerada a pintura das paredes para cores mais claras, em alguns ambientes.

-Equipamentos de refrigeração: consumo mensal e manutenção corretiva;

-Aquecimento – Verificação do consumo nas estufas e chuveiros. Proposta para instalação de coletores solares;

-Informática e Comunicação: sugestão para substituição dos aparelhos por novas tecnologias redutoras do consumo de energia-*Green Pcs*.

Considerando-se as sugestões para redução do consumo de energia elétrica, obteve-se redução em todos os usos finais analisados, conforme tabela a seguir:

Uso Final	Redução Percentual
Autoclaves	8,00%
Iluminação	5,00%
Aquecimento	1,00%
Refrigeração	2,10%
Motores	1,07%
Condicionamento Ambiental	0,60%
Informática	1,90%
Equipamentos gerais	0,78%
Total	20,45%

Tabela 4.3 – Redução de Consumo pelo *retrofit* 4.3 – Software de Gerenciamento

Uma outra proposta, além do *retrofit* é a de sugerir o uso de um *software* para controlar toda a ala do bloco cirúrgico para aliar qualidade, economia suplementar e aumento do conforto dos usuários. O *software* utilizado foi o *Instabus*, gentilmente cedido pela *Siemens*. O projeto “Hospital Gotham City” iniciou-se conforme figura 4.2:

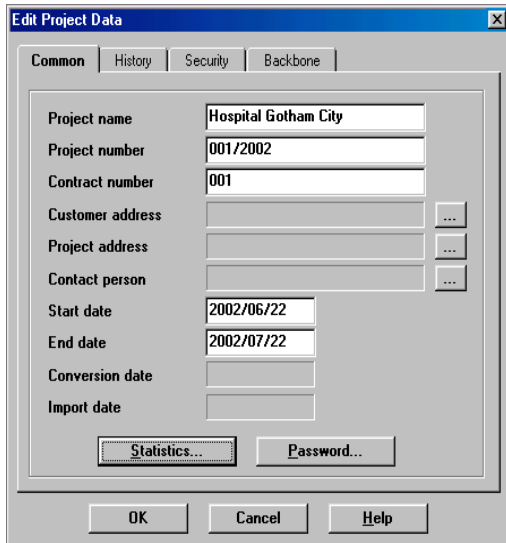


Figura 4.2 – Edição do Projeto

A metodologia padronizada pelo Instabus e a monitoração pós-*retrofit*, para comprovar as economias obtidas, são fundamentais para avaliar as possibilidades de *retrofit* e gerenciamento nas edificações existentes.

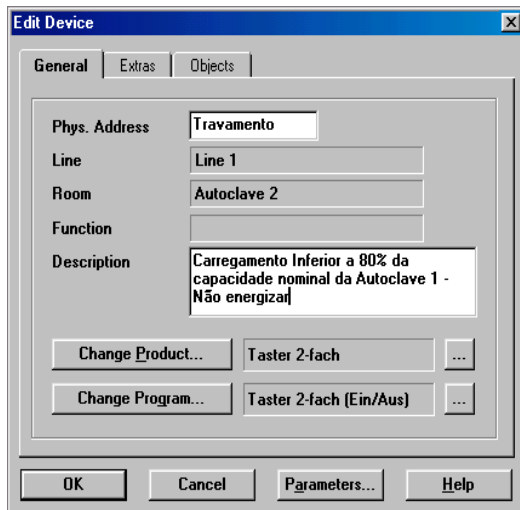


Figura 4.3 – Controle das Autoclaves

A figura 4.3 apresenta uma das possibilidades de controle pelo *software*, com economia final direta. A autoclave 2 seria energizada somente quando a autoclave 1 estivesse com 80% de sua carga máxima. Constatou-se que o consumo energético destes equipamentos independe praticamente do seu carregamento, conseguindo-se redução do consumo, se a autoclave 1 funcionar próximo de sua capacidade máxima.

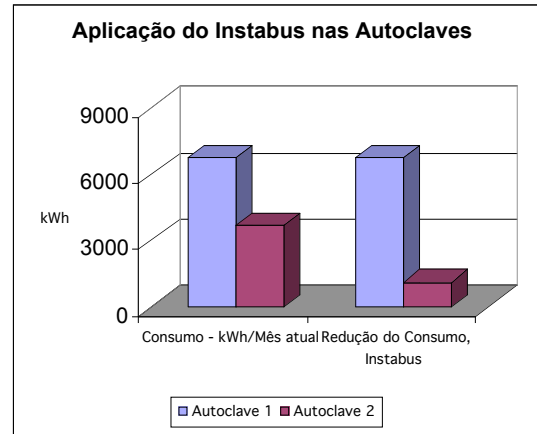


Figura 4.4 – Redução do consumo das autoclaves pela ação do *software*

A economia suplementar proporcionada (cerca de 30%) mostrou-se significativa. O Instabus garante essa condição de regime de trabalho, sendo ela alterada apenas quando da intervenção humana direta por alguma razão específica.

Na figura 4.4 as duas primeiras colunas (azul), à esquerda, referem-se ao consumo conjunto atual das duas autoclaves, em kWh/mês e, as duas colunas finais (vermelho), à direita, os valores obtidos pela intervenção do *Instabus*.

Um outro controle realizado foi quanto à iluminação de um setor do hospital, especificamente, a maternidade, conforme figura 4.5:

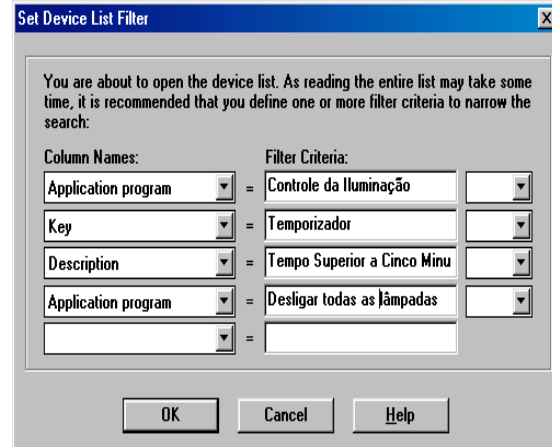


Figura 4.5 – Controle da Iluminação da Maternidade

O gráfico da redução do consumo é apresentado, conforme a figura 4.6. Nota-se, na primeira coluna, o consumo atual, na segunda, o consumo com a readequação tecnológica e a terceira, a economia de energia com o retrofit e o ganho suplementar obtido junto com o *Instabus*.

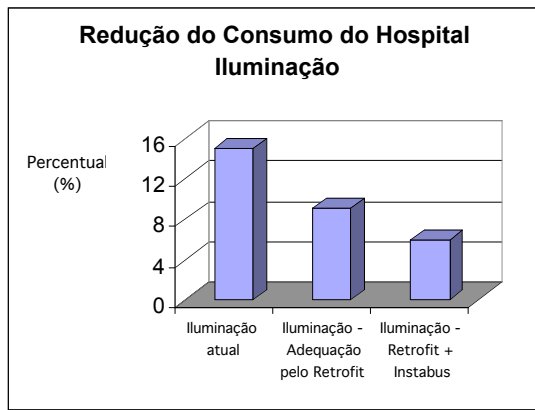


Figura 4.6– Redução do consumo total do hospital pelo *retrofit* e ação do *Instabus*, na iluminação

Assim, a utilização do software de gerenciamento pode proporcionar uma redução significativa do consumo, quase de 50%, como segue [1]:

-Redução de 40%, com as lâmpadas de 32W e reatores eletrônicos;

-Redução estimada de cerca de 30%, sobre o sistema de iluminação já alterado pelo *retrofit*, considerando-se detetores de presença.

5.0 – CONCLUSÕES

O *retrofit* (economia de cerca de 20%) comparado com o racionamento-privação de uso (economia de 13%) aplicado ao conjunto dos vários usos finais e a aplicação *pós-retrofit do software* de gerenciamento (ganhos suplementares de 10%), apresentaram resultados relevantes, sistematizados e permanentes de conservação de energia elétrica.

A utilização da iluminação natural, para obter-se outros ganhos no uso final-iluminação, mostrou-se inaplicável no caso exemplo, tendo em vista a baixa incidência solar na maioria das dependências do hospital.

Com a redução crescente dos custos da automação, os sistemas de gerenciamento devem ampliar seu mercado, sendo imperativa a existência de normas e metas de consumo para a orientação de consumidores e profissionais consultores.

Desta forma, a criação de *showrooms*, CDs em multimídia e *home pages*, para a demonstração do desempenho energético de edifícios, sobretudo comerciais e de prestação de serviços seria bem-vinda, facilitando a absorção de novas tecnologias pelos profissionais e consultores da área.

6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] – AGUIAR, J. C. R., RODRIGUES, P. T., MAIA, A. C. B., Automação e uso de energia em edifícios: novas relações e possibilidades. *ELETRICIDADE MODERNA*, São Paulo, v. 26, n.º 292, p. 178, Jul. 1998.

[2] – CHRISTOFFERSEN, J., PETERSEN, E., JOHNSEN, K., Avaliação de sistemas de aproveitamento de luz natural e controle de iluminação.

ELETRICIDADE MODERNA, São Paulo, v. 26, n.º 294, p. 88, set. 1998.

[3] – PINTO, J. R., Utilização racional de energia elétrica em instalações elétricas comerciais empregando sistemas de automação. Tese de mestrado. *ESCOLA POLITÉCNICA DA USP*, São Paulo, 2000.

[4] – ZEGARRA, S. L. V., JÚNIOR, V. F., CARDOSO, F. F., A construção da informação e a indústria da construção de edifícios. *ESCOLA POLITÉCNICA DA USP*, São Paulo, 1999.

[5] – ORNSTEIN, S. W., ANDRADE, C. M., LEITE, B. C.C., Os espaços de escritórios em São Paulo: a avaliação pós-ocupação aplicada em edifício de alta tecnologia. *FAUUSP – NUTAU – Cidade Universitária*, São Paulo, 2000.

[6] – CASTRO, J. S., Edifícios de Alta Tecnologia. Carthago & Forte, São Paulo, 1994.

[7] – MARTE, C. L., Automação Predial: a inteligência distribuída nas edificações. Carthago & Forte, São Paulo, 1995.

[8] – KATO, E. A., Contratação de performance: o modelo norte-americano nos anos 90 na automação predial. *EPUSP*, São Paulo, 1999.

[9] – HANSEN, S. J., WEISMAN, J. C., Performance Contracting: expanding horizons. The Fairmont Press Inc., Atlanta, GA, 1998.

[10] – GONÇALVES, E. H., Racionamento da Energia Elétrica ou Racionalização: Um Caso Exemplo. Dissertação de Mestrado, PPGEE, PUC Minas, 08/2002.

[11] – *US DEPARTMENT OF ENERGY. Energy End-Use Intensities in Commercial buildings. Energy Information Administration. U. S. Department of Energy. Washington, September, 1994.*