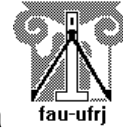




Universidade Federal do Rio De Janeiro
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura



DIRETRIZES PARA USO DA AUTOMAÇÃO NO ESPAÇO EDIFICADO E SEUS REFLEXOS NA RACIONALIZAÇÃO DO PROJETO

Oswaldo Ribeiro da Cruz Filho

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, linha de pesquisa Cultura, Paisagem e Ambiente Construído.

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini (*D.Sc.*)

Rio de Janeiro

Dezembro de 2007

DIRETRIZES PARA USO DA AUTOMAÇÃO NO ESPAÇO EDIFICADO E SEUS REFLEXOS NA RACIONALIZAÇÃO DO PROJETO

Oswaldo Ribeiro da Cruz Filho

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini, *D.Sc.*

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, linha de pesquisa Cultura, Paisagem e Ambiente Construído.

Aprovada por:

Presidente: Prof.: Eduardo Linhares Qualharini, *D.Sc.*

Prof.: Walmor José Prudêncio, *D.Sc.*

Prof.: Leopoldo Eurico Gonçalves Barros, *D.Sc.*

Prof^a.: Elaine Garrido Vasquez, *D.Sc.*

Prof. Luiz Biondi Neto, *D.Sc.*

Rio de Janeiro

Dezembro de 2007

- C957 Cruz Filho, Osvaldo Ribeiro da.
Diretrizes para o uso da automação no espaço edificado e seus reflexos na racionalização do projeto. / Osvaldo Ribeiro da Cruz Filho. – Rio de Janeiro: UFRJ / FAU, 2006.
xvi, 190 f.: il.; 31 cm.
- Orientador: Eduardo Linhares Qualharini.
- Tese (doutorado) – UFRJ / PROARQ / Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2006.
- Referências bibliográficas: f. 178-188.
1. Edificações inteligentes. 2. Automação predial. 3. Arquitetura - Projetos.
I. Qualharini, Eduardo Linhares. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. III. Título.

CDD 693.97

RESUMO

DIRETRIZES PARA USO DA AUTOMAÇÃO NO ESPAÇO EDIFICADO E SEUS REFLEXOS NA RACIONALIZAÇÃO DO PROJETO

Oswaldo Ribeiro da Cruz Filho

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini, *D.Sc.*

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, linha de pesquisa Cultura, Paisagem e Ambiente Construído.

A partir do conceito de escritório aberto e tipo de ocupação, e da distribuição dos sistemas de infra-estrutura das edificações verticalizadas foi realizado este trabalho, que apresenta uma revisão nos conceitos da tipologia arquitetônica de flexibilidade para edificações verticalizadas, mas precisamente do edifício comercial de escritórios, com sua evolução no eixo Rio de Janeiro - São Paulo, apresentando os aspectos para organização de sistemas para abrigar o uso de alta tecnologia, complementando com os pontos principais da reabilitação efetuada em um edifício comercial, na cidade do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

Dezembro de 2007

ABSTRACT**GUIDELINES FOR USE OF THE AUTOMATION IN THE BUILT SPACE
AND THEIR REFLEXES IN THE RATIONALIZATION OF THE PROJECT****Oswaldo Ribeiro da Cruz Filho**Orientador: Eduardo Linhares Qualharini, *D.Sc.*

Abstract of the Thesis of Doctorate submitted to the Program of Masters degree in Architecture, University of Architecture and Urbanization, of the Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, as part of the necessary requirements to the obtaining of Doctor's title in Sciences in Architecture, line of research Culture, Landscape and Built Ambient

Starting from the concept of open office and occupation type, and of the distribution of the systems of infrastructure of the vertical constructions this work was accomplished, that it presents a revision in the concepts of the architectural typology of flexibility for vertical constructions , but precisely of the commercial building of offices, with his evolution in the axis Rio de Janeiro - São Paulo, presenting the aspects for organization of systems to shelter the use of high technology, complementing with the main points of the rehabilitation made in a commercial building, in the city of Rio of Janeiro

Rio de Janeiro**Dezembro de 2007**

AGRADECIMENTOS

Ao professor Eduardo Linhares Qualharini por sua orientação e por todo apoio e confiança em mim depositado.

Ao eng.º Alex Guerra diretor operacional do Centro Empresarial Rio – RB1 por informações prestadas e acompanhamento nas visitas às áreas operacionais do edifício.

Ao eng.º Sergio Monteiro dos Santos gerente predial do Centro Empresarial Cidade Nova pelo fornecimento de informações operacionais da edificação.

A srta. Flávia Tavares do departamento de marketing do edifício Avenida Central pelo fornecimento de material para consulta.

Aos arquitetos Paulo Musa e Edson Musa pela entrevista concedida.

A minha esposa Marta, pelo apoio, paciência e incentivo na elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE GRÁFICO	xiv
LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE ABREVIATURAS	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações Gerais	1
1.2 Hipótese	3
1.3 Justificativa	3
1.4 Objetivo	5
1.5 Aplicabilidade	5
2. ESTUDOS INICIAIS	6
2.1 Espaços Arquitetônicos	6
2.2 Aranha-Céu o Início do Automatismo no Espaço Edificado.....	6
2.3 Flexibilidade no Espaço Edificado	8
2.4 Edifício de Escritórios – Espaços Arquitetônicos de Alta Tecnologia na Atualidade.....	13
2.4.1 Evolução das Edificações no Eixo Rio de Janeiro - São Paulo	15
3. ORGANIZAÇÃO DE SISTEMAS PARA ABRIGAR ALTA TECNOLOGIA.....	32
3.1 Aspectos dos Principais Sistemas de Automação.....	32
3.1.1 Sistemas de Controle Dedicado	33
3.1.1.1 Controlador Lógico Programável	33
3.1.1.2 Interface Homem – Máquina	37
3.2 Tecnologia de Redes.....	37
3.2.1 Topologia Física de Redes	38
3.2.1.1 Topologia em Malha ou Estrela	38
3.2.1.2 Topologia em Anel.....	39
3.2.1.3 Topologia em Barramento ou Bus	40
3.2.2 Topologia Lógica	41
3.2.3 características das Redes	42
3.2.3.1 Meios de Comunicação	45
3.2.3.2 Arquitetura de Redes.....	46
3.2.4 Protocolo de Redes	48
3.2.4.1 Modbus.....	49
3.2.4.2 BACnet	50
3.2.4.3 LonWorks	50
3.2.4.4 Metasys	50
3.2.4.5 X – 10	52
3.2.4.6 EIB – European Installation Bus	53
3.3 Terminologias para Tarifas de Energia Elétrica.....	54
3.3.1 Terminologias Técnicas.....	54
3.4 Sistema de Ar Condicionado	58

3.4.1 Sistema de Ar tipo Ar – Ar	58
3.4.2 Sistema tipo Ar – Água	58
3.4.3 Sistema por Termoacumulação	61
3.4.4 Sistema de Condicionamento de Ar	69
3.5 Sistema de Transporte Vertical	70
3.5.1 Cabine de Passageiros.....	70
3.5.2 Painel ou Quadro de Comando	72
3.5.3 Funcionamento Básico do Sistema	73
3.5.4 Controle do Sistema	73
3.5.5 Gerenciamento de Tráfego.....	74
3.5.6 Controle de Tráfego.....	78
3.6 Sistema de Iluminação com Eficiência de Energia	80
3.6.1 Comportamento Energético	80
3.6.2 Disponibilidade de Luz Natural	81
3.6.3 Integração da Iluminação no Consumo Energético	83
3.6.4 Iluminação de Interiores	84
3.6.4.1 Lâmpadas e Luminárias	86
3.6.4.2 Reatores para Lâmpadas Fluorescente.....	91
3.7 Sistema de Prevenção a Incêndio e Segurança Patrimonial	98
3.7.1 Prevenção de Incêndios	98
3.7.2 Detetores de Incêndio.....	98
3.7.2.1 Detetores de Fumaça	99
3.7.2.2 Detetores de Temperatura.....	100
3.7.3 Elementos do Sistema.....	102
3.7.4 Configurações de Laços de Controle.....	104
3.7.5 Segurança Patrimonial	108
3.7.5.1 Sistema de Controle de Acesso	108
3.7.5.2 Sistema de Controle por Imagem	110
3.8 Sistema Hidráulico.....	112
3.8.1 Sistema Indireto de Distribuição	112
3.8.2 Inversor de Frequência para controle de Vazão.....	113
3.8.2.1 Controle Escalar	115
3.8.2.2 Controle Vetorial.....	117
3.8.3 Relação do Torque do Motor com Inversor de Frequência.....	117
3.8.4 Características Técnicas dos Inversores de Frequência	119
3.8.5 Controle de Vazão	119
3.8.6 Sistema de Controle Automatizado para Recalque de Água.....	121
3.8.7 Custo do Ciclo de Vida	127
3.9 Sistema de Gerenciamento de Energia	130
3.9.1 Fator de Potência e Excedente de Reativo	130
3.9.2 Medição de Energia Elétrica Localizada.....	133
4. USO DA AUTOMAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFICAÇÃO	138
4.1 A Arquitetura como Aliada	138
4.1.1 Confiabilidade da Instalação Elétrica.....	138
4.1.2 Marcação dos Condutores.....	140
4.1.3 Sistemas de Cabeamento	142
4.2 Gerenciamento da Energia Elétrica.....	144
4.2.1 Modelo para Gerenciamento de Consumo Locacional.....	144

4.3 Ar Condicionando	148
4.4 Sistema Hidráulico.....	152
4.5 Sistema de Geração de Energia de Emergência.....	155
4.6 Sistema de Transporte Vertical	158
4.7 Sistema de Recolhimento de Lixo	159
4.8 Sistema do Uso de Água de Chuva.....	160
4.9 Sistema de Vidro Inteligente.....	161
4.10 Reabilitação de Edificação	162
4.10.1 Centro Empresarial Internacional Rio - RB1.....	162
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	171
5.1 Críticas e Sugestões.....	171
5.2 Futuras Pesquisas.....	177
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	178
APENDICE	189

Ilustração 31 - Sistema de ar condicionado tipo água – ar	60
Ilustração 32 - Fluxograma sistema de água gelada	61
Ilustração 33 - Tanques de gelo e resfriadores	62
Ilustração 34 - Carga teórica de refrigeração	64
Ilustração 35 - Carga teórica de refrigeração	65
Ilustração 36 - Carga teórica de refrigeração	66
Ilustração 37 - Carga teórica de refrigeração	66
Ilustração 38 - Ciclo de formação de gelo	67
Ilustração 39 - Ciclo de descarga de gelo	68
Ilustração 40 - Corrediças de cabine	71
Ilustração 41 - Operador de portas	71
Ilustração 42 - Freio de segurança	71
Ilustração 43 - Regulador de velocidade	71
Ilustração 44 - Quadro de comando	72
Ilustração 45 - Máquina de tração	72
Ilustração 46 - Sistema de tráfego convencional	75
Ilustração 47 - Sistema de tráfego inteligente	76
Ilustração 48 - Seleção do andar pelo passageiro antes de entrar no hall de elevador	77
Ilustração 49 - Carro selecionado para o passageiro no hall de elevador	77
Ilustração 50 - Sistema de gerenciamento de biometria digital	78
Ilustração 51 - Sistema de biometria na cabine do elevador	79
Ilustração 52 - Eficiência luminosa máxima de lâmpadas fluorescentes tubulares	89
Ilustração 53 - Tempo de vida útil de lâmpadas fluorescentes tubulares	89
Ilustração 54 - Reator dimerizável família analógico	94
Ilustração 55 - Componentes de um sistema de iluminação DALI	94
Ilustração 56 - Luminária com sistema integrado de controle	96
Ilustração 57 - Sensor de luminância sem fio	97
Ilustração 58 - Sensor de luminância e presença – sem fio	97
Ilustração 59 - Área de abrangência de detetor de fumaça	99
Ilustração 60 - Detetor iônico	100
Ilustração 61 - Detetor ótico	100
Ilustração 62 - Área de abrangência de detetor de temperatura	101

Ilustração 63 - Detetor de temperatura termovelocimétrico	101
Ilustração 64 - Módulo de laço de detecção	102
Ilustração 65 - Acionadores manuais com micro-chave	103
Ilustração 66 - Configuração contato NA.....	104
Ilustração 67 - Configuração contato NF	104
Ilustração 68 - Circuito em paralelo ligado a CLP.....	105
Ilustração 69 - Rede de detetores e acionadores inteligentes.....	106
Ilustração 70 - Sistema com equipamento dedicado – central e repetidora	107
Ilustração 71 - Cartão de proximidade e cartão com tarja magnética para acesso através de catracas eletrônica.....	109
Ilustração 72 - Sistema CFTV digital	111
Ilustração 73 - Inversor de freqüência - Fabricante WEG.....	114
Ilustração 74 - Transmissor de pressão – Fabricante Nivitec.....	121
Ilustração 75 - Manômetro – Fabricante Record	121
Ilustração 76 - Tanque pré – carregada – Fabricante Jacuzzi.....	123
Ilustração 77 - Montagem de sistema de pressurização	124
Ilustração 78 – Tanque	125
Ilustração 79 - Moto-Bomba	125
Ilustração 80 - Manômetro e Transmissor de pressão	125
Ilustração 81 - Quadro com inversores de freqüência	126
Ilustração 82 - Inversor de freqüência – velocidade 208,8 rpm	126
Ilustração 83- Inversor de freqüência – velocidade 855,6 rpm	127
Ilustração 84 - Representação das energias ativa e reativa circulante.....	131
Ilustração 85 - Controlador de fator de potência.....	132
Ilustração 86 - Medidor de energia ativa, reativa e demanda	134
Ilustração 87 - Multimissor eletrônico	134
Ilustração 88 - Gerenciador eletrônico de energia.....	134
Ilustração 89 - Tela de demanda mensal horário na ponta e fora de ponta	135
Ilustração 90 - Tela de fator de potência mensal na ponta e fora de ponta.....	135
Ilustração 91 - Relatório gerado pela tela de demanda mensal.....	136
Ilustração 92 - Linha pré-fabricada ou barramento blindado	142
Ilustração 93 - Medição de potência, energia e fator de potência para elevadores	145
Ilustração 94 - Diagrama de medidores locais	147

Ilustração 95 - Comparação de temperaturas dos sistemas de insuflamento pelo teto e pelo piso.....	150
Ilustração 96 - Sistema de ar condicionado com insuflamento pelo piso	151
Ilustração 97 - Ligação de chaves estática a motor elétrico	155
Ilustração 98 - Elevador sem casa de máquina.....	159
Ilustração 99 - Gerador de emergência a óleo diese.....	164
Ilustração100 - Piscina no local da rampa de veículos.....	166
Ilustração 101 - Elevador tipo “man lift”	167
Ilustração 102 - Elevador tipo “man lift”	167
Ilustração 103 - Tanque de decantação	168
Ilustração 104 - Primeira filtragem.....	168
Ilustração 105 - Sistema químico e dosagem.....	169
Ilustração 106 - Sistema final de filtragem e separação	169
Ilustração 108 - Tanque de armazenagem.....	170

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Deslocamento da carga de iluminação com dimerização	95
Gráfico 2 – Controle escalar para inversor de frequência	116
Gráfico 3 – Compensação da corrente no inversor	116
Gráfico 4 – Uso do condutor de proteção em circuitos terminais em edificações comerciais.....	141
Gráfico 5 – Comparativo da corrente elétrica na partida de motor elétrico.....	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dispositivos utilizados nos controles de sistemas de elevadores	74
Tabela 2 – Taxas de luminância para escritórios	86
Tabela 3 – Luminâncias para local com microcomputador.....	86
Tabela 4 – Temperatura e Aparência de cor das lâmpadas	87
Tabela 5 – Características de lâmpadas fluorescentes tubulares	88
Tabela 6 – Custo do Ciclo de Vida para Alternativas “A” e “B”	129
Tabela 7 – Tarifas de energia elétrica – outubro de 2007	156
Tabela 8 – Comparação entre energéticos	157

LISTA DE ABREVIATURAS

At & T	American Telephone and Telegraph
ANSI	American National Standards Institute
BEN	Balanço Energético Nacional
bps	bit's por segundos
CADDET	Centre For The Analysis And Dissemination Of Demonstrated Energy Technologies
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CLP	Controlador Lógico Programável
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CP's	Computadores Pessoais
CPU	Unidade Central de Processamento de Dados
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
D/A	Digital e Analógica
E/S	Entrada e Saída
FIP	Factory Instrumentation Protocol
GWh	Gigawatt-hora
h	Hora
HP	Horse Power
IESNA	Illuminating Engineering Society Of North America
kcal	Quilocalorias
kg	Quiograma
km	Quilometro
kHz	Quilohertz
kVA	Quilovolt-ampere
kWh	Quilowatt-hora
kWh/m ²	Quilowatt-hora por metro quadrado
lm	Lumen
l/h	Litro por hora
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mA	Miliampere
mm	Milimetro
RB1	Rio Branco 1
RM	Reference Model
SAC	Sub-sistema de ar condicionado
SCA	Sub-sistema de controle de acesso
SDI	Sub-sistema de detecção de incêndio
SI	Sub-sistema de iluminação
t	Tonelada
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
VAV	Volume de ar variável
V/F	Voltagem por frequência
W/m ²	Watt por metro quadrado

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Nos dias atuais, os edifícios projetados pelos arquitetos, procuram apresentar uma grande quantidade de benfeitorias para seus usuários. Entretanto, na maioria das situações, estas instalações e serviços funcionam de maneira totalmente independente uma das outras, ocorrendo casos em que propostas de automatização predial são implantadas posteriormente, se adaptando a situação existente, sem que se tenha como base a concepção arquitetônica ou construtiva.

Edificações com um excelente desempenho energético (baixo consumo de energia) podem não são vistas como modelos de sustentabilidade para as necessidades atuais. Vários autores apontam que apesar de não existir ainda um consenso do que realmente seja a sustentabilidade, já se identificam etapas a serem cumpridas neste processo de busca de uma arquitetura com menor impacto humano e ambiental. (SILVA, 2000)

Com relação ao projeto do edifício, há uma série de aspectos a serem abordados para elaboração de propostas com menor impacto ambiental. Neste contexto, a conservação de energia, envolvendo os aspectos de demanda e fornecimento com o mínimo impacto possível são pontos de extrema importância. Além da energia, existem outros fatores determinantes no processo decisório de projeto, que incluem características da indústria e da cultura local, o comportamento e a interação do usuário do edifício (BODE, 2002).

Segundo Gluglielmetti (2002, p.10) é errônea a idéia de associar o trabalho do arquiteto à elaboração do projeto arquitetônico, passando aos outros profissionais a responsabilidade da execução dos projetos complementares e, posteriormente, do edifício.

De acordo com Bolzani (2004, p.1):

“Durante décadas, países em desenvolvimento deixaram o planejamento urbano e social em segundo plano. As cidades cresceram de modo caótico e hoje se paga um alto preço por um mínimo de qualidade de vida e bem estar social em razão desse crescimento não equalizado”.

De maneira tornar possível e eficiente a multidisciplinaridade de seu projeto, o ideal é que o arquiteto tenha conhecimentos básicos de todos os conceitos relativos ao desempenho energético em edificações.

Portanto, o projeto ideal para uma edificação é aquele que se antecipa e prevê soluções para as necessidades de seus ocupantes, assim, os arquitetos têm um novo desafio, que será o de projetar e reestruturar as edificações, visando usar o automatismo nas suas instalações de infraestrutura.

A Associação Brasileira da Construção Industrializada apresenta as seguintes definições:

“Edifícios com alta tecnologia são aqueles que possuem um bom e atualizado projeto e uma construção racional e econômica”

e

“Edifícios de alta tecnologia são aqueles que são bem projetados e construídos, levando-se em conta as exigências de uso e evolução tecnológica”.

A análise do consumo de energia de uma edificação é tão importante para o processo do projeto quanto qualquer das outras ferramentas utilizadas comumente pelos projetistas. Cabe ao arquiteto coordenar a interlocução dos vários profissionais com o objetivo de melhorar a eficiência energética de sua concepção arquitetônica.

A especificação dos materiais exige o entendimento de suas propriedades e de sua adequação às características plásticas do projeto. Esta tarefa deve ser melhor balanceada entre a arquitetura e a engenharia, devendo estes conceitos estar presentes desde as etapas iniciais do projeto arquitetônico.

Como existem prédios que não tiveram um planejamento capaz de premiar o uso de equipamentos inteligentes, e que ao longo do tempo foram requalificados, para funcionarem de forma automatizada, há a necessidade de integrar às instalações existentes as novas potencialidades destas tecnologias.

Pode-se apresentar como os principais aspectos que devem ser levados em conta ao se projetar ou modificar uma edificação, a eficiência, a produtividade e a segurança.

Deve ser lembrado que a arquitetura se encontra hoje em um panorama que torna cada vez mais necessário o controle do consumo de energia e isto, induz a necessidade de conceber edificações com melhor eficiência energética.

Assim, o projeto de edifícios, necessita de novas diretrizes no sentido de considerar peculiaridades relacionadas à funcionalidade que se deseja associar ao sistema do edifício. Estes edifícios devem ser projetados de forma que possam absorver novas tecnologias na sua infra-estrutura incrementando sua competitividade e adaptar-se aos requerimentos que a sociedade exigirá no futuro aos mesmos, procurando se manter produtivos ao longo de todo seu ciclo de vida, através da reabilitação das instalações de infra-estrutura, evitando a obsolescência prematura. Isto significa dizer que as edificações para se manterem atuais no mercado imobiliário, deverão possuir maiores e melhores níveis de automação.

1.2 Hipótese

Esta pesquisa parte da hipótese de que as edificações verticais de escritórios, a serem projetadas, necessitam considerar em suas concepções as condições de uso do automatismo na infra-estrutura, que permitam no futuro a reabilitação das mesmas, de maneira a torná-las, também, edificações inteligentes.

1.3 Justificativa

As capacidades dos sistemas presentes em uma edificação podem ser avaliadas pelas funções que executam, sendo que estas funções não precisam estar forçosamente ligadas a dispositivos físicos, tais como atuadores e sensores, que são controlados, usualmente, por funções de programação, como um *software*. Assim, numa edificação o projeto de automação é caracterizado pela dotação de um sistema de controle, o qual, se propõe a otimizar determinadas funções inerentes a sua operação e administração, algo como um organicismo, onde a edificação passa a ter vida própria.

O conceito de organicismo (como vida própria, para as edificações) foi desenvolvido através de pesquisas de Frank Lloyd Wright, o qual acreditava que uma casa deve nascer para atender às necessidades das pessoas e do caráter do país, como um organismo vivo. Sua convicção era de que os edifícios influenciam profundamente as pessoas que nele residem, trabalham ou rezam (MARTE, 1995).

Por outro lado, os projetistas, normalmente depositam sua confiança no emprego de tecnologias já consagradas em seus projetos, não observando as melhores escolhas na área de automação predial e interação com a estrutura da edificação. Desta forma, não são motivados a conhecer novas tecnologias, o que pode vir acarretar a adoção de partidas e concepções destinadas a atingir exigências de prazos exíguos e sem possibilidades de estudos dedicados ao automatismo, em precipitações indevidas na sua aplicação pela falta de informações a respeito de suas características. Isto se deve ao fato de trabalhar com objetivo de atingir metas e prazos cada vez mais reduzidos nos dias atuais, não permitindo que se dediquem a tal finalidade.

Existe a escassez de informações bibliográficas nacionais sobre o assunto, pois por consulta aos sítios de buscas realizadas, tendo como palavra chave: Automação Predial; Prédios Inteligentes; Reabilitação de Instalações Prediais, não ocorreram contribuições significativas, realçando que no presente, apenas os fabricantes, que através de seus manuais de operação cumprem a regra de descrever a forma de operar e as características técnicas individuais de seus equipamentos.

Há, ainda, a dificuldade de interconectividade e intercambialidade entre os diversos sistemas, de fabricantes diferentes, o que não permite ao projetista contemplar novos sistemas de controle, que não pertençam ao mesmo fabricante, dada à restrição do acesso de seus protocolos de comunicação.

Também, nas edificações existentes, há a necessidade de reabilitação das instalações elétrica, sendo esta uma necessidade crescente, visando à melhoria da eficiência energética.

Portanto, o conhecimento das bases destas tecnologias irá facilitar ao projetista seu diálogo com fornecedores de sistemas para automação prediais e os profissionais de projeto, permitindo a incorporação de sistemas de automatização, não só em novos projetos de edificações, mas também nas existentes, onde seja necessária a sua reabilitação.

1.4 Objetivo

Como, os projetos dos espaços arquitetônicos verticais de hoje, devem contemplar a possibilidade do uso da reabilitação nas suas instalações no futuro e, como muitos dos existentes foram construídos sem que seu projeto levasse em conta esta necessária reabilitação, o objetivo do presente trabalho é o de estabelecer diretrizes destinadas aos arquitetos, apresentando informações e dados que permitam planejar para edificações existentes uma requalificação para funcionarem de forma automatizada, e para que nos novos projetos existam condições que permitam intervenções de reabilitação na automação predial.

1.5 Aplicabilidade

A partir da década de 80 iniciou-se no Brasil a automação de espaços arquitetônicos verticais (NEVES, 2002), mais precisamente em edifícios comerciais para escritórios, o que resultou ao longo do tempo, em uma contribuição na melhoria da situação de conforto dos usuários dessas edificações. Um dos principais motivos a essa mudança deveu-se a crise de energia que já podia ser sentida presente naquele momento, assim, a racionalização do uso da energia elétrica na edificação também era possível com o uso da automação sendo que, algumas das soluções dos espaços edificados passaram a ser denominados de *edifícios inteligentes*.

A aplicabilidade deste trabalho será de fornecer condições para que a arquitetura possa agir em alguns dos fundamentos a que se propõe, ou seja; otimização de processos, eficiência energética, conforto e segurança na edificação.

CAPÍTULO 2

ESTUDOS INICIAIS

2.1 Espaços Arquitetônicos

O Homem atravessa o tempo de sua existência no abrigo das edificações construídas para proteger e favorecer o exercício das atividades que a vida requer. A edificação além de envolver certa porção de espaço, também exerce uma influência sobre as adjacências, pois é através dela que a Arquitetura se relaciona com a vida dos homens em suas diversas manifestações.

O espaço arquitetônico pode ser dividido em duas modalidades; o espaço edificado e o espaço urbano. Aquele que está contido no edifício é identificado como espaço edificado, sendo o espaço externo ocupado pelo edifício identificado como espaço urbano. (NEVES, 2002)

O edifício constitui condição necessária e indispensável à sua existência, quer sob forma de espaço edificado, quer sob a forma de espaço urbano, mesmo que, nem sempre este seja o aspecto mais importante do espaço arquitetônico.

É possível observar-se mudanças na Arquitetura, tanto na organização e utilização do espaço, quanto no projeto das automatizações pelos novos produtos assim como, nos serviços relativos aos ambientes das edificações quer comercial ou residencial.

2.2 Arranha-Céu o Início do Automatismo no Espaço Edificado

A necessidade de melhor aproveitamento de área de terrenos da zona central e periférica dos centros urbanos levou a conveniência da verticalização, ou seja, construção de prédios de múltiplos pavimentos, sendo que Macedo afirma:

“Verticalizar significa criar novos solos sobrepostos, lugares de vidas dispostos em andares múltiplos, possibilitando, pois, o abrigo em local determinado de maiores contingentes populacionais do que seria possível admitir em habitações horizontais, e, por conseguinte, valorizar estas áreas urbanas pelo aumento do seu potencial de aproveitamento”. (Macedo, 1987, p9)

A razão principal no aproveitamento da área do terreno com a altura do edifício, vem do fato que estes terrenos apresentam alto preço de valorização e somente com este tipo de construção é possível extrair dele um rendimento para compensar o custo de aquisição da área.

Assim, a origem das construções verticalizadas no Brasil, segundo Souza (1994) *apud* Junior (2004); Fresca (2004) tem seu marco temporal na década de 20, onde um dos primeiros edifícios construídos no Brasil foi no ano de 1912, na cidade de São Paulo, sendo um edifício de escritórios e estabelecimentos comerciais. Posteriormente, o palacete Riachuelo foi o edifício voltado para a habitação.

No Brasil, na década de 1920, um surto de indústrias de bens de produção que produziam aço, contribuíram para a verticalização de edifícios, através de monopólios e oligopólios que garantiram lucros para estas industriais (SOUZA, p.27, s.d.). Entretanto, antes de se projetar os edifícios mais altos, três variáveis precisaram ser selecionadas. A primeira seria o emprego de fundações suficientemente robustas, o que foi solucionado com a técnica de estaqueamento do terreno e exploração do subsolo. A segunda seria a utilização de paredes muito grossas, as quais ocupariam muito o espaço edificado, o que foi solucionado com surgimento do concreto armado e das estruturas metálicas. Por último, a necessidade de vencer a subida de longos e numerosos lances de escadarias para alcançar os pavimentos mais altos, que foi solucionado com o surgimento do elevador.

É a partir deste tipo de construção que se pode visualizar a necessidade de um meio de transporte, no caso, transporte vertical, para que os usuários possam alcançar os níveis mais elevados do edifício. A idéia de produzir um elevador surgiu em 1852 (SECOVI, 2006), quando Elisha Graves Otis, fundador de uma empresa que existe até os dias atuais, decidiu criar as coisas que seu imaginário produzia, enquanto instalava um maquinário na fábrica em que trabalhava. Elisha Otis desenvolveu um mecanismo de içamento, que incorporava várias características novas, entre elas um dispositivo automático para manter a plataforma no lugar, caso a corda de sustentação do guindaste sofresse rompimento. Assim, Otis acabara de construir os “guinchos de segurança”, sistema de freio e tração que posteriormente viria a

receber o nome de elevador. O primeiro elevador motorizado e seguro só iria surgir em 1853, quando Otis, inaugurou um elevador para passageiros, a novidade foi apresentada na Feira Mundial de Nova Iorque e na Exposição do Palácio de Cristal, também em Nova Iorque, EUA.

Em março de 1857, projetou e instalou no prédio de cinco andares de uma loja de porcelana e cristais, *E.V. Haugwout*, em Nova York, o primeiro elevador para transportar pessoas e carga, fechado e movido por correias. (MARCOLIN, 2002)

Um edifício com 10 andares, 150 escritórios, ainda construído com a antiga técnica da alvenaria, denominado "*Montauk*", projetado pelos arquitetos Daniel Burnham e John Wellborn Root, teve sua inauguração em 1882, na cidade de Chicago, EUA, e foi um dos primeiros prédios a serem dotados de dois elevadores. (WIKIPEDIA, 2007)

No Brasil, o primeiro elevador Otis a ser instalado foi em 1906, no Palácio das Laranjeiras, prédio oficial do Governo do Rio de Janeiro. (OTIS, 2004)

Em 1918 eram fabricados os primeiros elevadores no Brasil, mas em comparação com a tecnologia que já havia sido desenvolvida, a técnica aqui aplicada ainda era primitiva. Um cabineiro fechava e abria as portas pantográficas e controlava o funcionamento da máquina por meio de uma manivela. Estes elevadores eram utilizados em edificações de baixa altura, dois ou três pavimentos. (SECOVI, 2006)

Otis não só havia criado o elevador, ele havia inventado a metrópole, pois, antes do final do século XIX, quando a indústria de construção, amparada pela tecnologia dos elevadores, resolveu projetar edifícios cada vez mais altos nos quatro cantos do mundo. Assim, para atender a edifícios mais altos, o elevador passa agora a ser independente, isto é, não mais é necessário o homem para seu controle. Inicia-se assim, o período do automatismo na edificação verticalizada.

2.3 Flexibilidade no Espaço Arquitetônico

Em 1968, o *American Institute of Architects* (CASTRO NETO, 1994, p.22) passou a se interessar em contabilizar os edifícios que possuíam algum sistema de controle

automatizado, sendo anotados 550 edifícios. Em nova pesquisa realizada durante o ano de 1976, foram contabilizados 2132 edifícios apresentando níveis de automação diferenciados em todo o mundo.

A característica básica classificatória para edifícios inteligentes é sua flexibilidade. Neste ponto, a Arquitetura necessita estar amparada por uma equipe multidisciplinar (estrutura, instalações, sistemas) que passa definir até que ponto os edifícios se tornam flexíveis e capazes para receberem os sistemas que irão compor a automação. (MARTE, 1995, p.15)

Em seu resumo, Osório descreve seu conceito de flexibilidade:

“Simplificadamente podemos dizer que a atividade precípua do arquiteto é projetar, propor para o futuro. O ser humano, fim último desta atividade, nos planos fisiológicos, psicológicos e sócio-cultural, muda, altera-se, adapta-se. A Arquitetura deve acompanhar este homem que evolui. O conceito que sustenta a obra arquitetônica e mantém sua validade ao longo do tempo é a flexibilidade. Ao longo da história este conceito evoluiu ligado à idéia de função e à analogia orgânica progredindo através dos principais movimentos arquitetônicos. A atitude para a flexibilidade deve acompanhar todo o processo de projeto através de decisões que possibilitem a instalação do conceito que, apesar de ser às vezes contestado é o que possibilitará que o arquiteto projete para o futuro.” (OSÓRIO, 2002)

Em 1904, o arquiteto norte americano Frank Loyd Wright considerou que o edifício é uma “expressão” diretamente aplicada ao seu propósito, igual ao transatlântico, avião ou automóvel (MARTE, 1995, p.15). Tal fato pode ser observado, quando ao isolar os elementos de comunicação e serviço expressou aspectos funcionais no edifício Larkin, em Búfalo, Nova Iorque, EUA, representadas nas ilustrações 1 e 2.

Nesta edificação, pela primeira vez é adotado um sistema de renovação e climatização do ar com duto embutido em alvenaria e grelha para insuflação e retorno. Pela primeira vez também se projeta um mobiliário específico em aço, atendendo a racionalidade do espaço no desenho geral do edifício. (NEVES, 2002)



Ilustração 1 – Edifício Larkin – Externo
 Fonte: www.pbs.org/flw/buildings/Abril2006



Ilustração 2 – Edifício Larkin – interno.
 Fonte : www.pbs.org/flw/buildings Abril 2006

As circulações verticais eram efetuadas pelas quatro torres em cada canto do edifício. Com pé direito elevado, e usando clarabóia, é utilizada a iluminação natural para o átrio central, local onde no pavimento térreo os funcionários de nível inferior (datilógrafas, estenógrafas, contadores, contínuos, etc.) ficariam trabalhando, enquanto que, nos outros quatros pavimentos ficam as salas privativas de funcionários de nível mais graduados.

A racionalização introduzida pelo *layout* não implica, entretanto, na eliminação das diferenças qualitativas dos postos de trabalho entre escalões de diferentes hierarquias. Wright refere-se à sua realização como “um templo do trabalho dos colarinhos brancos”.

Este edifício se firma, como principal critério norteador da organização do trabalho, definindo o perfil de um novo tipo de escritório de grande porte. Wright afirmou que “a forma e a função são uma só”. A unidade espacial, interior e exterior, é, portanto essencial. Para ele, a Arquitetura só pode ser orgânica; cada parte encontra-se ligada ao todo, de maneira a formar um organismo completo.

Em seu manifesto de arquiteto futurista, as vésperas da Primeira Guerra Mundial, o arquiteto italiano Antonio Sant'Elia, pedia aos arquitetos que evitassem os materiais pesados, em favor dos flexíveis que permitissem a mobilidade e o dinamismo (CASTRO NETO, 1994, p.15).

“Em nossa vida entraram elementos cujas possibilidades nem sequer eram suspeitadas pelos antigos; (...) perdemos o sentido do monumental, do pesado, do estático, enriquecemos nossa sensibilidade com o gosto pelo leve, pelo prático, pelo efêmero e pelo veloz. Sentimos que não somos mais os homens das catedrais, dos palácios e dos púlpitos; mas dos grandes hotéis, das estações ferroviárias, das imensas estradas, das portas colossais, dos mercados cobertos, das galerias luminosas, das auto-estradas, das demolições saudáveis”, sintetiza Sant'Elia, em sobre tons épicos no manifesto A Arquitetura Futurista (11 de junho de 1914). (RUBINATO, 2006)

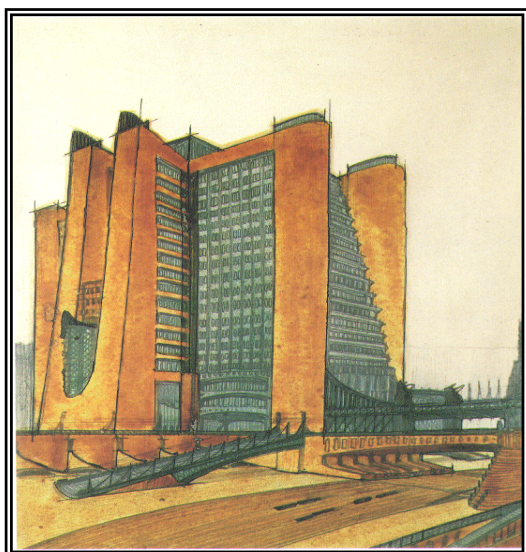


Ilustração 3 – La Città Nuova
Fonte: <http://chimera.roma1.infn.it>
Junho 2006

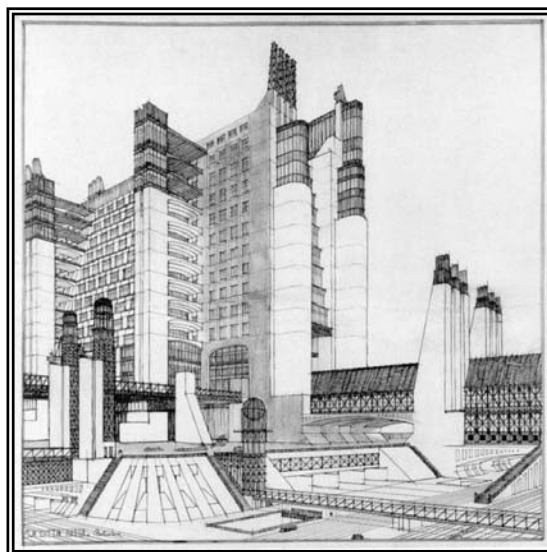


Ilustração 4 – La Città Nuova
Fonte: http://web.tiscali.it/antonio_santelia
Junho 2006

Entre 1913 e 1914 Sant'Elia projeta a cidade que deveria adaptar-se aos novos tempos, mostradas nas ilustrações 3 e 4, em que a funcionalidade e a estrutura são as coisas mais importantes, defendendo o esbelto e a fragilidade do cimento armado

frente ao aspecto do mármore, pois nesta mesma época a Itália se encontra no início sua revolução industrial, e um dos temas de maior interesse aos futuristas era o de uma grande cidade. (MEYER, 1990)

O arquiteto Affonso Eduardo Reidy explicitando a independência entre alguns elementos de sustentação e os planos de vedação na edificação cita a flexibilidade na utilização dos espaços.

“Uma das maiores conquistas da técnica construtiva moderna é a estrutura livre, isto é, independente das paredes do edifício. A estrutura livre permite a standartização dos elementos estruturais e flexibilidade quanto à utilização dos espaços, de forma a que em qualquer época possam ser modificadas as divisões internas do edifício sem prejuízo para as boas condições de estabilidade e aspectos da edificação.” (REIDY, 1935, apud CONDURO, 2005, p.24-27).



Ilustração 5 – Palácio Gustavo Capanema
Fonte: www.pbase.com/flavioveloso/mec
Agosto. 2006

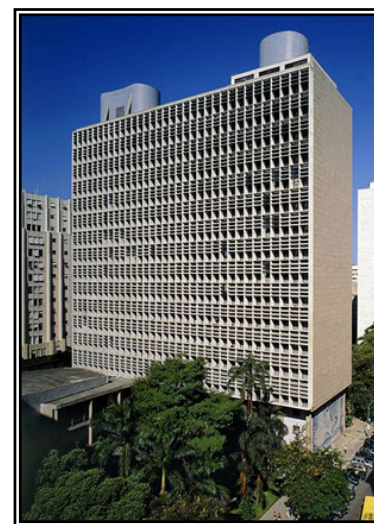


Ilustração 6 – Palácio Gustavo Capanema
Fonte: www.vitruvius.com.br
Fevereiro. 2007

Em 1950, o arquiteto Siegfried Giedion vem reforçar a idéia de flexibilidade no projeto arquitetônico ao falar sobre a necessidade do arquiteto prever modificações nos edifícios de modo permitir servir as necessidades dos usuários a cada momento. (MARTE, 1995, p.15)

2.4 Edifícios de Escritórios – Espaços Arquitetônicos de Alta Tecnologia na Atualidade

Na década de 80 aparece nos EUA o conceito de “*smart building*”. A definição para Edifício Inteligente corresponde aquele que utiliza a tecnologia para diminuir os custos operacionais, eliminar desperdícios e criar uma infra-estrutura adequada que permite aumentar a produtividade dos usuários. (NEVES, 2002)

O *Intelligent Building Institute*, nos Estados Unidos, apresenta como definição de Edifício Inteligente aquele que “*cria um ambiente que permite às organizações atingir os seus objetivos e maximizar a eficiência dos seus ocupantes enquanto, ao mesmo tempo, permite uma gestão eficiente dos recursos com um mínimo de custos em termos de ocupação humana*” (VILLANI, p.3, 2000 *apud* BECKER, 1995).

O Japão, através do *Intelligent Building Study Committee*, apresenta sob três pontos de vista a definição para Edifício Inteligente, quais sejam; (a) um bom ambiente para as pessoas e equipamentos, (b) bom suporte para a alta produtividade dos trabalhadores no edifício, (c) boa segurança patrimonial, contra incêndio e operação altamente econômica. (MATTAR, 2007)

Com relação à classificação das funções para um Edifício Inteligente, várias propostas têm sido apresentadas, sendo que, no âmbito geral elas apresentam uma divisão que corresponde a:

- 1) Sistemas;
- 2) Serviços;
- 3) Gestão.

Com relação a sistemas estão classificados; elevadores, ventilação e ar condicionado, iluminação, energia elétrica, hidráulica, controle de acesso, segurança patrimonial, combate a incêndio, telecomunicações, processamento de dados.

Para serviços a classificação corresponde a; vídeo/dados/voz, automação de escritórios e compartilhamento a locatários.

Quanto à gestão são classificados; a manutenção, treinamento, limpeza e arrendamento.

Para que fosse estabelecida uma definição mais adequada à associação entre “inteligência predial” e nível de automação em um espaço arquitetônico, foi organizada na década de 90 uma pesquisa sobre edifícios inteligentes na América Latina, organizada pelo *Council of Tall Building and Urban Habitat*. O relatório final foi divulgado em outubro de 1999 e permitiu uma conceituação nova e mais abrangente sobre o assunto. A pesquisa mostrou haver uma diferenciação entre edifícios de alta tecnologia e edifícios inteligentes. (CORBOLI, 2001)

“Os edifícios de alta tecnologia são aqueles equipados com todos os recursos eletro-eletrônico para gerenciamento e controle de sistemas, visando basicamente à redução dos custos operacionais, a segurança patrimonial e prevenção de incêndios”. (CORBOLI, p.104, 2001)

“Os edifícios inteligentes procuram atender plenamente às necessidades dos usuários e são baseadas na modulação, flexibilidade da planta e de instalações, de maneira permitir que o edifício seja adaptável ao perfil do usuário e a inovação tecnológica. Assim, as necessidades de conforto ambiental nas condições climáticas serão inseridas no projeto e na especificação de sistemas construtivos e de materiais que contribuem para o alto desempenho da edificação”. (CORBOLI, 2001)

Com a crise energética, dá-se início a várias alternativas para redução do consumo de energia elétrica nos edifícios, visto ser constatado que 1/3 da energia utilizada no mundo era consumida plena construção civil no setor de edificações. A necessidade de uma administração mais eficaz da energia elétrica apresenta-se através da utilização de recursos tecnológicos que estão em plena ascensão. Entretanto, esses recursos levaram a que o termo Edifício Inteligente fosse utilizado como um termo de *marketing*, sem muita substância, para ser introduzido no mercado imobiliário.

No Brasil, o Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pelo Ministério de Minas e Energia, ano base 2005, o setor de edifícios é responsável por 24% do total de consumo de energia do país, excluindo-se o setor industrial. O estado de São Paulo é o maior consumidor de energia do país neste setor, com 31,76% de todo o

consumo brasileiro. Foram 26.430 GWh em 2005, 2,57 vezes mais que o Rio de Janeiro, segundo estado brasileiro em consumo com 10.246 GWh. Por esta razão a evolução para edifícios inteligentes nestes estados, foi e necessita ser implementada mais rapidamente.

Em 1984 foi construído o edifício da Companhia Telefônica AT & T, em New York, EUA, apresentado nas ilustrações 7 e 8, marco dos edifícios inteligentes e que pode ser considerado altamente flexível em sua estrutura, com 194 m de altura e 37 pavimentos, sendo projetado pelos arquitetos Philip Johnson e John Burgee. (MARTE, 1995, p15)



Ilustração 7 – Edifício da AT & T
Fonte:http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/fa267/20_sky3.html.
maio 2007



Ilustração 8 – Edifício da AT & T
Fonte:<http://imomus.livejournal.com/320182.html/thread=12059062>.
maio 2007

2.4.1 Evolução das Edificações no Eixo Rio de Janeiro - São Paulo

No Brasil, em 1986 é inaugurado na cidade de São Paulo o edifício Citicorp/Citibank, com 93 metros de altura e 20 andares, apresentado na ilustração 9, sendo pioneiro na implantação de novas tecnologias onde mantia 2500 pontos de supervisão, relativos a infra-estrutura, no gerenciamento de todas as instalações, ele é um dos marcos arquitetônicos da avenida Paulista. (RODRIGUES, 2004)

Tratava-se do primeiro grande edifício de escritórios com um nível elevado de monitoramento e controle energético, dentre os quais, o controle da iluminação por zonas de iluminância, o atendimento de elevadores por proximidades de chamada, e a produção noturna de gelo para alimentar o sistema de condicionamento ambiental, que objetivavam beneficiar tarifas de energia elétrica mais reduzida no período de funcionamento das cargas, caracterizado pelos horários de ponta e fora de ponta.



Ilustração 9 – Edifício Cliticorp/Citibank
Fonte: www.aflalোগasperini.com.br Janeiro 2006

O projeto do escritório Aflalo e Gaperini destacava a utilização das cores contrastantes dos materiais utilizados no revestimento de sua fachada, pedra granítica rosa e vidro azul, além do tratamento arquitetônico de seus volumes com sofisticado tratamento das partes interiores.

Em 1996, os edifícios Birmann 11 e 12, vistos na ilustração 10, localizados na cidade de São Paulo, são inaugurados, apresentando um complexo comercial do tipo multiusuário contendo duas torres de doze e treze pavimentos, cujo projeto visava garantir flexibilidade de uso atual e futuro. No edifício existem 03 subsolos destinados a estacionamento. O sistema de ar condicionado utilizado é do tipo termo-acumulação e os elevadores são alta tecnologia. (NEVES, 2002)

Os controles dos subsistemas de utilidades totalizam aproximadamente 3200 pontos de controle e supervisão, relativos a ar condicionado, energia elétrica, sistema hidráulico, sistema de iluminação, detecção e alarme de incêndio, controle de acesso e segurança patrimonial. Trata-se de dois edifícios de escritórios, cuja planta indica amplos salões aparentemente simples. Seu projeto, bastante complexo, foi elaborado pelo arquiteto Edson Musa, apresenta uma rotunda que dá acesso aos dois edifícios e se interliga através de elevadores com os estacionamentos localizados no subsolo. A estrutura da fachada é revestida de granito e mármore, apresenta linhas verticais de perfis metálicos e vidro que marcam o centro de cada fachada, dando o efeito de profundidade e acentuando a verticalidade do edifício.



Ilustração10 – Edifício Birmann 11 e 12
Fonte: www.herzog.com.br Maio 2006

Em 1996, na cidade de São Paulo, é inaugurado o edifício Bolsa de Imóveis do Estado de São Paulo, projetado pelos escritórios de Carlos Bratke e Renato Biaconi Arquitetos.

O refinamento das soluções desenvolvidas para este projeto caracteriza-se por apresentar salões livres de estruturas verticais, oferecendo grande flexibilidade para diversos tipos de *layouts*. Os pavimentos são apoiados em torres periféricas, as

quais são utilizadas para circulações verticais, tais como, escadas de segurança, elevadores, montas cargas, copas, depósitos, *shafts* e dutos em geral. (NEVES, 2002)



Ilustração 11 – Edifício Bolsa de Imóveis de SP
Fonte: www.carlosbratke.com.br Janeiro 2006

Uma grande curva, coberta por pergolado envidraçado na terminação onde ficam o 14º, 15º e o 16º andares, encaixa-se de maneira a formar meia abóbada central, contratando com as torres periféricas que recebem no seu topo as caixas de água, dando a sensação de que uma gerasse a outra.

O pavimento térreo tem como área fechada um razoável grande cubo de vidro destinado a um sofisticado sistema de triagem, cujo objetivo é de proporcionar maior segurança possível. O acabamento do edifício foi executado através de chapas autoportantes de alumínio, nas cores branca e prata. As chapas adquirem características estruturais por serem facilmente moldáveis e dobráveis, adaptando-se a volumetria da obra, isto é, acompanhando suas curvas, saliências e reentrâncias. Apresenta todos os andares e subsolos completamente

automatizados. Na recepção o visitante é fotografado recebendo um crachá magnético. Sistemas com catracas eletro-eletrônica, só permitem ao visitante acesso até aos setores onde ele foi liberado, através do crachá.

Os registros nas redes hidráulicas possuem sensores que enviam informações para a central de segurança, assim, qualquer tentativa e manuseio dos registros, sem prévia autorização, são identificados no monitoramento. Mesma situação ocorre com as portas de emergência, acusando na central de segurança, quando são abertas.

O edifício possui duas escadas de emergência exclusivas em cada andar. A porta de acesso à escada somente abre pelo lado de dentro, contrário ao de escada. Se uma pessoa abrir a porta e tomar a escada, ela só conseguirá sair quando chegar ao térreo. Existe a escada para uso geral, interna com portas antichamas e túnel de fumaça. No subsolo ficam dois geradores a óleo diesel para na falta de energia elétrica suprirem toda a carga do edifício.

Em 1997, é inaugurado na cidade de São Paulo o edifício Birmann 21, visto na ilustração 12, cujo projeto pertence ao escritório SOM - Skidmore, Owings & Merrill de New York – EUA, adaptado as normas nacionais pelo escritório de arquitetura Kogan & Villar Associados de São Paulo. O edifício possui a torre de escritórios com 26 pavimentos tipo, mezanino, térreo, bloco multiuso e 130 m de altura, um edifício garagem com 1200 vagas. O edifício foi concebido com a integração de engenheiros e arquitetos, que proporcionaram a perfeita adequação dos sistemas mecânicos e elétricos nos seus 61.779 m² de área construída. Este projeto representa melhoria na qualidade de vida no escritório, procurando apresentar um ambiente altamente motivacional e produtivo. (RODRIGUES, 2004)

As fachadas norte, oeste e leste são compostas de uma grelha de concreto, revestida em granito flamejado e polido, com esquadrias de alumínio anodizado e vidro laminado, sendo a fachada sul praticamente toda em vidro.

No subsolo ficam as áreas técnicas com a central de água gelada, central de telefonia, caixas de água, geradores, subestação e central de supervisão predial. O

sistema de combate a incêndio é feito através de uma rede de sprinkler e detetores de fumaça complementadas por hidrantes junto às escadas de emergência.



Ilustração 12 – Edifício Birmann 21

Fonte: www.arcoweb.com.br/arquitetura abril 2006

Na cobertura da torre principal é coletada a água de chuva, assim como, nos terraços e no edifício garagem, sendo esta água armazenada em um reservatório enterrado de aproximadamente 190m³. A água coletada é utilizada nas torres de resfriamento do sistema de ar condicionado. No período de verão, a água coletada da chuva, chega a atender 90% da demanda das torres de resfriamento, o que equivale a uma economia de aproximadamente 8000 m³/ano. O sistema de ar condicionado para os pavimentos tipo, foi concebido para escritório aberto, com 16 zonas de insuflamento. O retorno e insuflamento se dá pelas luminárias, sendo também feito o insuflamento por meio de difusores lineares distribuídos ao longo da periferia do pavimento. A temperatura é controlada por termostatos distribuídos no pavimento.

O edifício é atendido por nove elevadores de marca Otis modelo GEN 2 dotados de controle central de tráfego, monitoramento remoto e ausência de casa de máquinas.

Foram utilizados vidros reflexivos de cor prata com três categorias diferenciadas de transmissão luminosa de acordo com a orientação da fachada. De forma geral, o edifício apresenta altas iluminâncias nas proximidades da caixilharia e baixas no interior da edificação. A iluminação natural é utilizada até às 9:00h da manhã, sendo então acionada a iluminação artificial até o término do expediente de trabalho, o qual corresponde as 18:00h, sendo que, posteriormente a este horário, poderá permanecer ligado quando solicitado pelo usuário, ao centro de supervisão. O consumo mensal de energia é de 930.000 kWh, apresentando um consumo anual por unidade de área de 185 kWh/m².

Em 1958, o Hotel Avenida e Galeria Cruzeiro, marco da Avenida Central, hoje Avenida Rio Branco, na cidade do Rio de Janeiro, foram demolidos, para acompanharem a tendência de expansão dos projetos baseados na arquitetura modernista da época. Era intenção da Prefeitura do Rio de Janeiro, transformar a área em uma praça para fazer a interligação entre o largo da Carioca e a Avenida Rio Branco. (PIRES, 2006)

Entretanto, em 1960 a cidade do Rio de Janeiro deixaria de ser a capital do país, pois esta seria transferida para Brasília, que representava à época toda a modernidade que o Brasil desejava expor através de seus arquitetos. O terreno onde os prédios haviam sido demolidos foi então alienado à Regine Feigl para a construção do Edifício Avenida Central. O edifício representava o primeiro grande projeto da nova arquitetura racionalista funcionalista. A execução ficou a cargo da empresa do arquiteto Henrique Mindlin, inspirado nos arranha céus de Mies van der Rohe, como o Edifício Seagram em Nova Iorque. (PIRES, 2006)

Foi o primeiro edifício a ser construído no centro do Rio de Janeiro todo em estrutura de aço, sendo utilizado 5.200 t de perfis de aço, totalizando um comprimento de 120 km, 18.000 m² de vidro nas esquadrias externas, em área construída de 75.000 m², visto na ilustração 13. O edifício levou três anos para ser construído e foi inaugurado em 22 de maio de 1961 apresentando 110 m de altura com 34 andares e possuindo um heliponto. O prédio foi construído com 1062 salas e 198 lojas, num total de 1260 unidades. Possui escada de emergência interna com portas corta fogo.



Ilustração 13 – Edifício Avenida Central
Fonte: Arquivo do autor dezembro 2005

O edifício possui dois reservatórios de água com capacidade 1.000.000 litros e 270.000 litros respectivamente, recebendo a rede de abastecimento proveniente de duas fontes diferentes. Este sistema hidráulico abastece através de 51 bombas centrífugas toda a rede interna, totalizando uma extensão de 140 km.

Para o conforto dos usuários no edifício foram instaladas três usinas centrais de ar refrigerado, cada uma, dotada de compressor centrífugo com capacidade de 870 t de refrigeração para cada 10 h de funcionamento acionados por motores elétricos de 800 HP. Para a renovação de ar dos banheiros das unidades do prédio trabalham 9 exaustores-ventiladores movimentando um total de 7.000 m³ de ar por minuto.

O abastecimento de energia é feito por 9 subestações internas com potência instalada total de 9250 KVA, tendo sido utilizado um total de 450 km de condutores elétricos na distribuição. Um gerador diesel com potência de 750 KVA garante a energia de emergência. Esta energia é suficiente para acionar um elevador em cada ala além da iluminação das galerias e corredores e bombas do sistema de incêndio.

Um sistema de chuveiros automáticos na prevenção de combate a incêndio foi utilizado, sendo instalado um chuveiro a cada 3,0 m nos eixos dos corredores, halls de elevadores e escadarias do 12º ao 34º pavimentos. As bombas em numero de 5 estão situadas no 2º subsolo. Duas bombas fazem o abastecimento da caixa de água para incêndio, sendo uma reserva, com capacidade de 25.000 l/h. Estas bombas apresentam um sistema de controle remoto e reversão automatizada, para que na falta de energia elétrica fiquem alimentadas pelo gerador de emergência. Para proteção da sala de tanque de óleo diesel, foi implantado um sistema fixo automático de CO2, dotado de sistema de detecção de incêndio. O prédio conta com 17 elevadores de passageiros, 01 elevador de carga, 12 escadas rolantes, 01 prancha (térreo ao 2º subsolo) e 01 monta carga (2º subsolo ao 34º andar). Os elevadores são capazes de atingir, em percurso livre, 240 metros por minuto. O comando eletrônico das cabines dispensa a intervenção de cabineiros, o que para a década de 60 representava um avanço de tecnologia, pois, os próprios passageiros marcam o andar necessário no interior da cabine e através de um sofisticado sistema eletrônico as portas fecham-se automaticamente, sendo informado aos passageiros o andar onde a cabine irá parar através de um sistema sonoro, assim como, o fechamento das portas. Tomada à época de sua construção e com a implantação do primeiro sistema automatizado de transporte vertical, esta edificação iniciava a era dos modernos prédios que viriam a ser denominados mais tarde de edifícios inteligentes.

Nos meados da década de sessenta houve a idéia por parte da Petrobrás da construção de seu edifício sede, com a real necessidade de se reunir em um único local, os órgãos corporativos da Companhia, que nesta ocasião encontravam-se espalhados por diversos endereços no centro do Rio de Janeiro. Para a escolha do projeto arquitetônico do prédio, a Petrobrás, através do Instituto dos Arquitetos do Brasil (IAB), realizou um concurso de âmbito nacional, do qual participaram quase 200 escritórios.

Nesta mesma época, havia ocorrido o desmonte do Morro de Santo Antônio propiciando a criação da Esplanada de Santo Antônio, na cidade do Rio de Janeiro. Como, a princípio, a área escolhida para a edificação ficava situada na Avenida Presidente Vargas, a Prefeitura do município do Rio de Janeiro, da então cidade da

Guanabara, propôs a troca do terreno com a Companhia, uma vez que, na nova área deveriam ser criadas grandes edificações que representassem grandes instituições, tais como a Petrobrás.



Ilustração 14 – Edifício sede da Petrobras – RJ
Fonte: Arquivo do autor - março 2007

O projeto foi vencido por uma equipe de arquitetura Paranaense, Escritório Fortes - Gandofi Associados, dos arquitetos; Roberto Luiz Gandofi, José H. Sanshotene, Abraão Assad e Luiz Fortes Netto, com o intuito de renovar a linguagem formal da Arquitetura de edifícios de grande porte, utilizando na volumetria da edificação um jogo de espaços vazios, como mostrado na ilustração 14. Estes espaços permitiram a organização de jardins com tratamento paisagístico feito por Burle Marx permitindo iluminação e ventilação para amenização das áreas de trabalho. Contrariando a solução tradicional, que corresponderia a uma lâmina vertical, os arquitetos conceberam uma estrutura quadrangular, guardando considerável distância em relação às edificações vizinhas. (SINDEGTUR, 2006)

O arquiteto Abrão Assad projetou um painel de concreto aparente envolvendo toda a parte superior do prédio para servir de coroamento, enquanto que, toda a superfície externa é protegida por quebra-sol (*brise-soleil*) em lâminas metálicas móveis, de forma permitir estarem dispostas de acordo com a orientação solar, horizontalmente na fachada norte e verticalmente nas fachadas leste e oeste, proporcionando um jogo dinâmico em toda a fachada do prédio. Os vidros utilizados são temperados fumê emoldurados por esquadrias de alumínio inoxidável.

O edifício com 120.000m² de área construída, apresenta 27 andares e 117m de altura, sendo erguido em tempo recorde, de 36 meses, considerada à época, de execução da obra, a maior estrutura monolítica da América Latina, segundo a Construtora Norberto Odebrecht, que a executou. Os 21 pavimentos para escritórios correspondem à superposição de plantas em forma de cruz ou em “H”, intercaladas por pavimentos quadrangulares. Nos dois subsolos estão garagem e serviços gerais, no térreo o embasamento, 1º e 2º pavimentos, recepção e espaços culturais e no coroamento, diretoria e sala de telecomunicações. No núcleo central, única parte em alvenaria, estão concentradas circulações e serviços; sanitários, copas, 25 elevadores, escadas e prumadas de infra-estruturas. O prédio, apesar de sua concepção datar de 1967, não fica a dever aos modernos edifícios considerados inteligentes, apresentando instalações que permitem a manutenção com interferência mínima nos ambientes de trabalho. Apresenta uma central de operação que comanda eletronicamente, todas as operações dos sistemas elétricos, hidráulicos, ar condicionado, segurança e vigilância patrimonial e sistemas de detecção e combate a incêndios.

Inaugurado na década de 90, o edifício Centro Empresarial Internacional Rio Branco Um, ou simplesmente, RB1 foi concebido nos anos 80 pelo arquiteto Edson Musa, com a concepção de edifício inteligente, mostrado na ilustração 15. Situado no coração financeiro da cidade do Rio de Janeiro, na Avenida Rio Branco nº. 1, possui localização estratégica junto as principais vias de acesso da cidade, bem como aos aeroportos. Apresentam nos seus 71200m² de área construída, 18 pavimentos tipo, além do pavimento térreo, lojas e 10 pavimentos de garagem. Foi o primeiro edifício comercial do Rio de Janeiro a ser inteiramente revestido de granito flamado, pelo

processo de assentamento a seco todo em vidro reflexivo de cor azul com esquadrias de alumínio na cor preto fosco. (SINDEGTUR, 2006)



Ilustração 15 – Edifício Centro Empresarial Internacional Rio
Fonte: www.thehighrisepages.de/hhkartei/rioempre.jpg março 2007

De acordo com entrevista feita ao arquiteto Edison Musa, o projeto à época contemplava sistemas de detecção e comandos à distância. O projeto foi desenvolvido com a preocupação dos pavimentos apresentarem flexibilidade, de forma serem inteiramente coordenados modularmente e apresentarem duas concentrações de espaços de serviço e circulações verticais, atendendo a “arquitetura de cinco pontos” desenvolvida pelo escritório Edison Musa, no tocante a postura de trabalho que corresponde:

- 1 – Flexibilidade (modulação definida coordenando os vários elementos construtivos, grandes vãos e instalações de fácil acesso).
- 2 – Respeito às condições ambientais.
- 3 – Sistemas técnicos adequados tais como; sistema de climatização por ar condicionado, iluminação e acústica.

4 – Aproveitamento da luz natural, conforto psicológico, controle predial, segurança contra incêndio e defesa patrimonial.

5 – Facilidade de manutenção.

O edifício RB1 recebe a energia elétrica através de duas alimentações independentes vinda de duas subestações distintas, pertencentes à concessionária LIGHT. Este sistema permite que na falha de uma das alimentações, a outra linha possa fornecer a energia necessária a toda a edificação. O sistema de ar condicionado implantado foi do tipo self container, utilizado as máquinas nos pavimentos e as torres sendo instaladas na cobertura. O controle de acesso ao edifício por visitantes, é efetuado na recepção, no andar térreo através de identificação pessoal e comunicação da recepção com o local desejado pelo visitante. Após autorização dada, a recepção fornece um crachá de acesso que permite ao visitante liberar a catraca de acesso aos elevadores que atendem ao pavimento desejado pelo visitante. O crachá recebido pelo visitante possui horário pré-definido pela empresa a ser visitada. Este controle permite detectar um visitante que tente acessar outro local, que não seja o a ele destinado, através da comunicação com a recepção e o imediato acionamento da segurança ao local para intervir junto ao visitante. As equipes de segurança trabalham 24h em ciclo de revezamentos, ininterruptamente controlando todos os acessos ao edifício. A comunicação interna é efetuada através de serviço privativo de rádio com frequência exclusiva.

O edifício RB1 possui escadas de emergência internas, com corrimãos em ambos os lados, dispendo de portas corta-fogo, antecâmara com pressurização positiva, para impedir a penetração de fumaça e exaustores dentro das escadas para retirar os gases que porventura ultrapassem a antecâmara. Há uma sinalização para rota de fuga e degraus com fitas antiderrapantes. Nas escadas há um sistema de iluminação de emergência.

O sistema de supervisão ou centro de operações e controle funciona 24h ininterruptamente, supervisionando os recursos de segurança do edifício em sincronia com as equipes de segurança. Sensores de presença de alta sensibilidade, que detecta a variação de volume ou presença de ser vivo, aciona

imediatamente alarme no centro de operações. Sensores instalados em portas estratégicas detectam sua abertura por tentativa ou arrombamento acionando alarme no centro de operações. O sistema de supervisão do circuito fechado de televisão – CFTV é composto de câmeras de vídeo e gravadores para registro e monitoramento através de dispositivos seletores 24h ininterruptamente. O edifício não apresenta sistema de aterramento interligado.

O sistema de monitoramento contra incêndio é efetuado por detectores de fumaça e temperatura representados por sensores iônicos, óticos e termovelocimétricos que disparam alarme no centro de operações, e permitem em tempo hábil, a ação da brigada de incêndio. Em cada pavimento, há duas linhas diretas de comunicação com os usuários e o centro de operações, para aviso sobre quaisquer emergências. Sinalizações indicativas são constituídas por sirenes luminosas e sonoras, instaladas próximas às saídas de emergência indicando a rota de fuga em casos de necessidade de evacuação do edifício. O sistema de transporte vertical é composto de 12 elevadores tradicionais e dois elevadores panorâmicos. Os elevadores tradicionais são divididos em quatro (4) grupos de três (3) unidades, atendendo as alas A, B, C, e D de cada piso. Como não há elevador de serviço, toda carga e descarga são efetuadas pelo hall de entrada do prédio. O sistema de geração própria de energia é composto por duas unidades movidas a motor diesel.

A importância que a cidade do Rio de Janeiro apresentava em especial combinação de atividades econômicas, sendo o segundo maior mercado brasileiro de informática e com grande potencial de expansão da telemática, na década de 90, levou a inauguração do Centro Empresarial Cidade Nova em setembro de 1995, apresentada na ilustração 16, como sendo a edificação a apresentar características de um teleporto, isto é, porto de telecomunicações. Segundo MATOS (1999, p.10), esse edifício constitui-se no “maior centro de telecomunicações da América Latina, (...) podendo ser considerado o exemplo carioca mais evidente do conceito de “edifício inteligente””.

Situado na Avenida Presidente Vargas nº. 3131, na região conhecida como Cidade Nova, faz parte de um empreendimento denominado Rio Teleport Center em que contou inicialmente com o escritório de arquitetura De Fournier & Associados

Projetos e Urbanismo Ltda. na elaboração do projeto conceitual e sendo desenvolvido pelo escritório Pontual Arquitetura, vencedor de concurso público para o projeto, cuja solução arquitetônica permitiu a obtenção de um índice de 90% de área útil sobre a área bruta construída, percentual raramente conseguido em edifícios deste porte com 58.000 m².



Ilustração 16 – Centro Empresarial Cidade Nova
Fonte: www.engepred.com/novo - março 2007

O edifício de 23 pavimentos, constituído por três subsolos, andar térreo, mezanino e 19 pavimentos, é totalmente revestido em granito, utilizando vidro reflexivo colado em esquadrias metálicas na cor preta fosco. A edificação atende dimensões adequadas a escritórios comerciais de alto padrão, sendo constituído por dois grupos de 240 m² e quatro grupos de 430 m², além de possuir espaço para lojas no andar térreo, centro de convenções e duas salas de reunião. Na cobertura possui parque de antenas e heliponto.

O prédio possui entrada de energia elétrica efetivada por duas linhas subterrâneas de 15000 volts da concessionária LIGHT. Este sistema abastece somente as cargas constituídas do condomínio. As salas comerciais possuem alimentação por linha independente da LIGHT através de transformador montado em câmara subterrânea (*vault*), o qual permite alimentar os medidores de energia elétrica individualizados das salas comerciais, em baixa tensão, para atendimento da iluminação e tomadas de corrente. O edifício não possui sistema de aterramento individualizado para salas nem sua integração total. Não há medidores individuais para sistemas de ar condicionado, iluminação e hidráulica.

Os elevadores, em um total de 17 unidades, sendo dois para serviço, possuem a casa de máquinas na cobertura da edificação e o projeto de arquitetura fez previsão de espaço suficiente para montagem dos motores e quadros de comando, permitindo que manutenções possam ser efetuadas no local atendendo plenamente as necessidades técnicas. O sistema de ventilação deste ambiente é natural sendo bem dinâmico, obtido pela instalação de janelas com basculantes, ocupando linearmente a área total de duas paredes opostas, do perímetro deste ambiente. O sistema de acionamento dos motores das cabines e motores das portas é do tipo microprocessado, de maneira que, o controle de chamadas de cada elevador passa a ser controlado, permitindo que o carro que estiver mais próximo ao andar solicitado seja acionado, evitando que os motores das cabines consumam potência elétrica desnecessária. Todos os elevadores são monitorados na sala de supervisão elétrica.

Não há local destinado à carga e descarga, fora do hall de entrada principal no andar térreo, pois, o projeto não contemplou a parte de serviço na edificação. Todos os elevadores atendem do térreo até o 19º andar, excetuando-se dois (2) deles que são utilizados para atendimento as garagens do subsolo. O de menor capacidade atende a passageiros e o de menor capacidade para serviço. Pelo fato de não haver local próprio para a carga e descarga, esta terá que transitar pelo hall principal. Assim, foi estabelecido horário para este atendimento, ou seja, de 07 as 08 h e 19 às 22 h de 2ª a 6ª feira e aos sábados de 8 as 16 h. A edificação foi projetada sem coletor de lixo nos andares, bem como local para guarda de lixo em cada pavimento. A área destinada ao recebimento do lixo de toda a edificação fica em cômodo

instalado no 1º subsolo. As escadas de emergência divididas em duas, nos dois lados da edificação, possuem portas corta-fogo e antecâmara com pressurização positiva para impedir a penetração de fumaça. Sinalização para rota de fuga e iluminação de emergência nas escadas e corredores complementa a instalação.

Todo sistema de detecção e combate a incêndio é efetuado por laço, composto por circuito digital com objetivo de processar sinais de entrada provenientes de sensores externos, tais como detetores de fumaça, representado por sensores iônicos, óticos ou termovelocimétricos. Os laços de detecção são responsáveis pela interligação elétrica entre os detetores de incêndio e o painel central de detecção e alarme. O painel central de detecção e alarme executa o processamento dos sinais provenientes dos detetores de incêndio e promove ações de comando, sinalização e alarme. Este painel está localizado na sala de supervisão e controle. O combate ao incêndio utiliza a água como elemento extintor do incêndio, em sistema *sprinkler* com difusores. O controle de acesso de visitantes ao edifício é efetuado na recepção do *hall* de entrada no andar térreo. A identificação é feita por sistema de câmara que tira foto do visitante e acumula com os dados digitados pela recepção em arquivo digital. Após comunicação entre a recepção e o local a ser visitado ser liberado, o visitante recebe crachá magnético de aproximação, o qual ao ser posicionado próximo do identificador em uma das catracas, efetua a liberação de acesso aos elevadores. Na saída o visitante deposita o crachá na própria catraca sendo liberada sua passagem.

O sistema de ar condicionado é de termoacumulação por tanque de gelo, utilizando mistura de água com glycol em núcleo fechado. Este sistema permite a descarga do gelo no período de 17:30h às 20:30h, efetuando uma economia de energia elétrica da ordem de 30%. O controle da vazão de ar variável é automático e monitorado diretamente da sala de supervisão e comando. O automatismo utilizado no sistema de ar condicionado é feito por protocolo proprietário. Sensores de temperatura por área são instalados próximos a janelas, fornecendo informações ao sistema para controle da descarga de ar.

CAPÍTULO 3

ORGANIZAÇÃO DE SISTEMA PARA ABRIGAR ALTA TECNOLOGIA

3.1 Aspectos Principais dos Sistemas de Automação

A microeletrônica, a engenharia de *software* e a eletricidade nas telecomunicações apresentaram avanços tecnológicos no final do século XX, capazes de impulsionarem o surgimento de equipamentos e componentes que apresentam melhor desempenho, maior versatilidade e custo mais reduzido.

Um importante exemplo deste fato é o dos sistemas de automação, principalmente no que diz respeito quanto às novas exigências de controle, distribuição e armazenamento de informações impostas pelo mercado.

Estas exigências podem ser retratadas em uma maior inteiração com sistemas existentes, assim como, sua flexibilidade com futuras expansões. Podemos tomar como exemplo, na automação predial, o mesmo circuito que é responsável pela aquisição de um sinal (sensor de temperatura), pode ser responsável pelo tratamento desta informação e/ou acionamento de algum outro dispositivo (alarme).

Os sistemas de automação em operação atualmente são caracterizados pelo elevado número de dispositivos sensores e atuadores interligados. As informações sobre o estado do sistema oferecido pelos dispositivos, permitem aos controladores atuarem para modificar o estado do mesmo.

As tomadas de decisões e de reação a determinados eventos tendem a impor requisitos temporais na natureza deste tipo de sistema, de forma que, os sistemas de automação encontram-se inseridos no contexto dos sistemas distribuídos. Este sistema é caracterizado por conter o elemento de controle próximo ao elemento que será controlado.

Os componentes destes sistemas podem ser das mais diferentes plataformas de *software/hardware*. Assim, em um mesmo sistema podemos ter computadores pessoais (CP's), sensores, atuadores, controladores lógicos programáveis (CLP's) ou qualquer outro tipo de componente. Em uma determinada situação podem-se ter

todos os sensores sendo controlados pelo controlador (CLP) ou pelo computador pessoal (CP). Em outra situação, o sistema pode ser mais complexo, onde sensores inteligentes encontram-se ligados em rede com o controlador ou com o computador pessoal diretamente.

3.1.1 Sistemas de Controle Dedicado

3.1.1.1 Controlador Lógico Programável

O Controlador Lógico Programável (CLP) foi idealizado nos Estados Unidos da América, ao final da década de 1960, para atender as necessidades da indústria automobilística em criar um elemento versátil de controle que permitisse rápida capacidade de modificação de sua programação. (GEORGINI, p.50, 2000)

Um CLP é composto de uma unidade central de processamento (CPU), memória do sistema, memória do usuário e portas de entrada e saída.

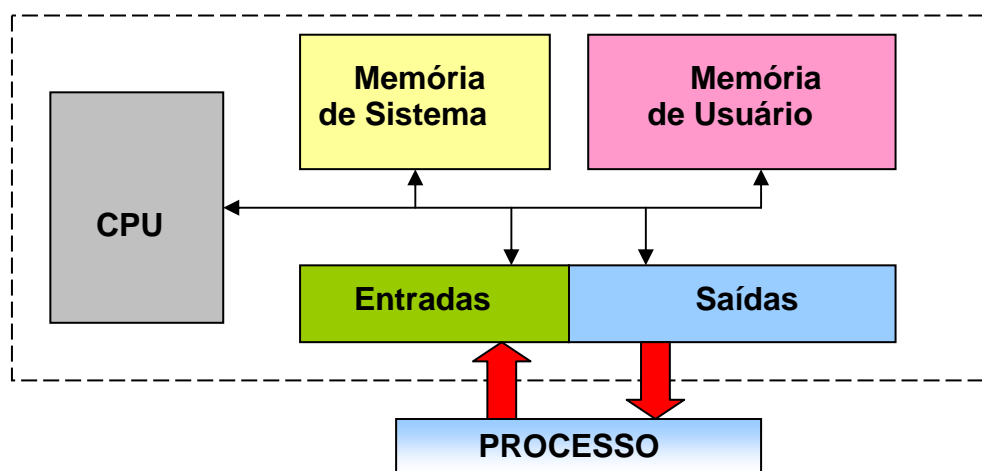


Ilustração 17 - Princípio Básico de um CLP
Fonte: Concepção do autor

CPU - é o elemento responsável pela execução do programa lido nas memórias.

Memória do Sistema - é o elemento que possui o programa do CLP.

Memória do Usuário – é o elemento que armazena o programa feito pelo usuário para controlar o processo desejado.

Entradas e Saídas (E/S) – são os meios de ligações físicos entre o processo que se deseja controlar e o CLP.

Digital e Analógico (D/A) são os tipos físicos dos elementos utilizados como entradas e saídas.

As entradas do CLP recebem todos os sinais provenientes de sensores (termostatos), chaves (nível), dentre outros, no estado do processo. Nas saídas, estão conectados os elementos passivos do processo, tais como; motores, lâmpadas, sirenes, etc.

Os sinais recebidos e enviados ao processo são classificados em analógicos e digitais. Os sinais de entrada digitais são aqueles que possuem a função de indicar qualquer ocorrência no processo através de estados definidos como ligado ou desligados. Dentre os diversos sinais de entrada digitais podemos citar; detetores de gases (CO, CO₂), chaves de fluxo (água), detetores de fumaça, chave de estado (local/remoto) etc. Estas entradas podem receber voltagem elétrica de diversos valores e características, definidos pelo fabricante do CLP.



Chave de Fluxo
Tipo Palheta



Chave de Nível
Ultra sônica



Detetor de fumaça

Ilustração 18 – Elementos utilizados como sinais analógicos e digitais de entrada
Fonte: Fabricantes - INATEC – MAGNETROL FIREWOLF - Junho 2007

As saídas digitais são aquelas que irão atuar um determinado elemento. Como, estas saídas possuem limitações na corrente elétrica de operação, utiliza-se ligadas a essas um outro elemento capaz de permitir que através deste possa passar uma corrente elétrica de maior intensidade, tal como, uma chave magnética (contator) responsável pelo acionamento de um motor elétrico, ou acionamento de um conjunto de lâmpadas.

Os sinais de entrada analógicos são utilizados quando se deseja saber o quanto determinado elemento foi acionado. Este tipo de sinal indica o valor de uma variável, através de um sinal de voltagem ou de corrente.

Para voltagem temos; 0 a 10 volts; -5 volts a +5 volts; -10 a +10 volts.

Para corrente temos; 0 a 20 mA; 4 a 20 mA.

Sensores de temperatura, sensores de umidade, sensores de pressão, sensores de nível (água) são alguns dos elementos utilizados, como entrada analógica.

Os sinais de saída analógica são também sinais de voltagem ou de corrente elétrica, tais como, os de entrada, que irão comandar elementos; podendo ser utilizado em uma válvula que possua um motor no qual, ao receber o sinal, irá efetuar a abertura parcial da válvula para passagem de água gelada em sistema de refrigeração, como mostrado na ilustração 19, ou então, em um servo-motor acoplado a uma câmera que permita a movimentação desta em diversos posicionamentos parciais.

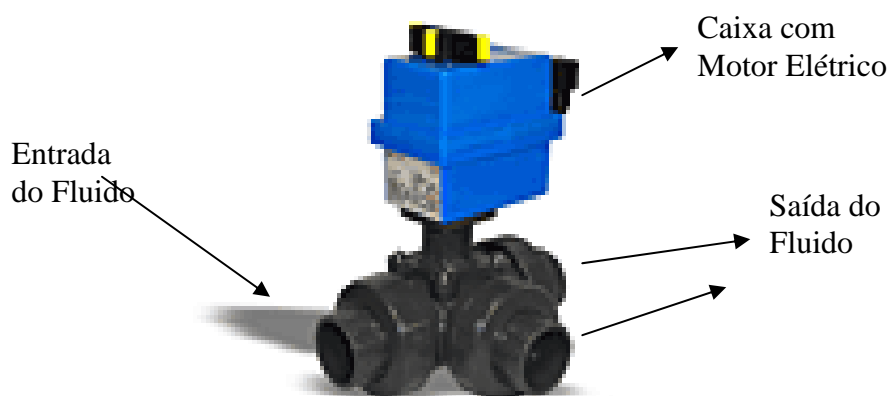


Ilustração 19 – Válvula motorizada
Fonte: Fabricante – CEPEX - Junho 2007

Se ocorrer, do sinal fornecido pelo elemento ser de valor infinitamente baixo, como no caso um termopar, que envia sinal em milivolts, utiliza-se um transdutor que tem como função transformar um valor lido muito baixo em um valor de sinal compatível com aqueles necessários para a tensão.

Os sinais analógicos de entrada, ao chegarem ao CLP, são convertidos em números binários, e são diferenciados também com relação a sua precisão. Isto pode ser indicado pelo número de bits (algarismos de um sistema de contagem compostos por 0 ou 1) compostos pelo valor obtido. Assim, pode-se utilizar CLP com entradas e saídas analógicas com resolução de 8, 10, 12, 16 bits, conforme mostrado na ilustração 20 abaixo.



Ilustração 20 - Controlador Lógico Programável – CLP
Fonte - CLP Modelo S300 – Fabricante SIEMENS – Julho 2007

Determinados CLP's apresentam uma arquitetura mais distribuída, de maneira que, além de possuírem as E/S - D/A possuem também parte dos programas de tratamento destas funções. Outros possibilitam a aquisição desses sinais diretamente em estações remotas. Assim, pela capacidade de trabalhar com qualquer tipo de sinal, este dispositivo, o Controlador Lógico Programável, CLP é o

elemento ideal para controlar um sistema ou processo, sendo ele analógico ou digital.

3.1.1.2 Interface Homem Máquina – IHM

A IHM permite a possibilidade do usuário do CLP verificar e/ou modificar parâmetros, dentro do programa do usuário, sem a necessidade de conectar o CLP a um computador para realização desta tarefa. Assim, o valor de uma temperatura desejada (*Setpoint*) pode ser alterado no programa, através da interface. A ilustração 21 apresenta modelos de Interface homem máquina utilizada em sistemas com controlador lógico programável.



Ilustração 21 – Interface Homem Máquina –IHM

Fonte: Modelos ePAD e MDO – Fabricante EXOR – Julho 2007

As IHM são de dois tipos; as alfas-numéricas e as gráficas. As interfaces são ligadas ao CLP através de sua porta de comunicação.

3.2 Tecnologia de Redes

Basicamente uma rede é um sistema que permite a comunicação entre pontos distintos. Dois computadores interligados com o objetivo de compartilharem dados consistem de uma rede. Esses computadores também são denominados de nós, estações de trabalho, pontos ou simplesmente dispositivos de rede. Assim, dois computadores ou dois nós, seria o número mínimo de dispositivos necessários para formação de uma rede.

3.2.1 Topologia Física de Redes

A topologia física das redes corresponde à maneira como os elementos computacionais serão interligados a rede; redes em malha ou estrela (quando cada ponto de controle está unido a outro, e ao controle central); redes em anel (neste tipo, a informação viaja dentro da rede passando por todos os pontos e pelo controle central); e as redes com barramento, denominadas Bus ou Barra (cada ponto de controle é interligado a um barramento principal bus, pontes de conexão entre pontos e por ele estão interligadas). (WIKIPEDIA, 2006)

3.2.1.1 Topologia em Malha ou Estrela

Neste tipo de rede todos os usuários se comunicam através do elemento central, havendo o controle supervisor do sistema, chamado de servidor ou *host*. Através do servidor, os usuários podem se comunicar entre si e com processadores remotos, ou terminais. No segundo caso, o servidor funciona como um comutador de mensagem para passar os dados entre eles.

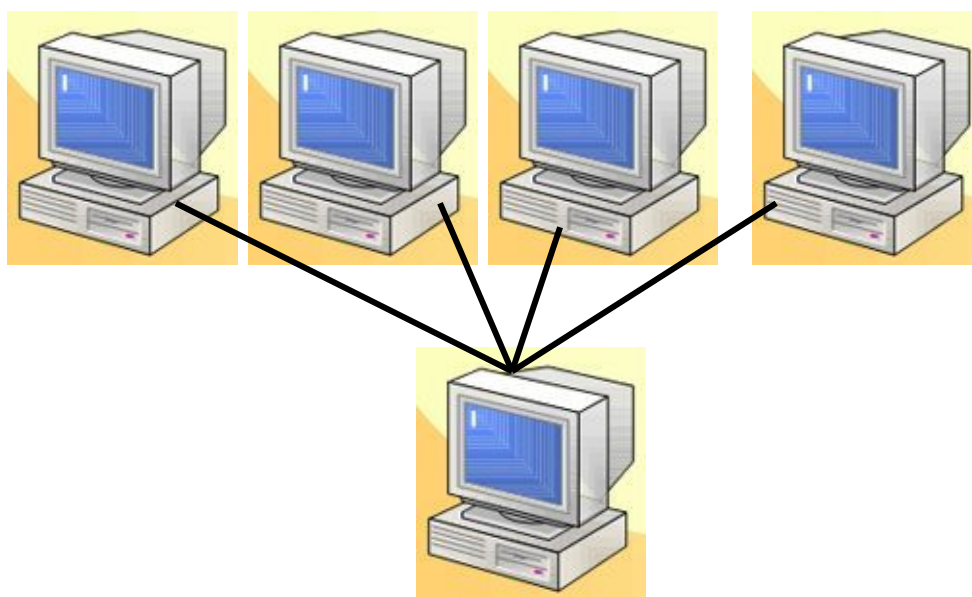


Ilustração 22 - Tipologia Física de Malha ou Estrela
Fonte: Concepção do autor

O arranjo em estrela, mostrado na ilustração 22, é a melhor escolha, desde que o padrão de comunicação da rede seja de um conjunto de estações secundárias que se comunicam com o servidor central. As situações nas quais ocorre são aquelas

em que o servidor central está restrito às funções de gerenciar comunicações e operações de diagnósticos. O servidor central pode realizar outras funções, pode-se compatibilizar a velocidade de comunicação entre transmissor e o receptor, se o protocolo dos dispositivos da fonte e destino for de diferentes protocolos. (WIKIPEDIA, 2006)

No caso da ocorrência de falha em uma das estações, ou na ligação com o servidor, apenas esta estação ficará fora de operação. Entretanto, se uma falha ocorrer no servidor, todo o sistema poderá ficar inoperante. A solução deste problema seria a redundância, mais isto acarreta em um aumento considerável dos custos.

A expansão de uma rede deste tipo só pode ser efetuada dentro de certo limite, imposta geralmente pelo servidor central. O desempenho obtido em uma tipologia em estrela depende da quantidade de tempo requerido pelo servidor para processar e encaminha mensagens, e da carga de tráfego de conexão, ou seja, é limitado pela capacidade de processamento do servidor central.

3.2.1.2 Topologia em Anel

A rede em anel, mostrada na ilustração 23, consiste de estações conectadas através de um caminho fechado.

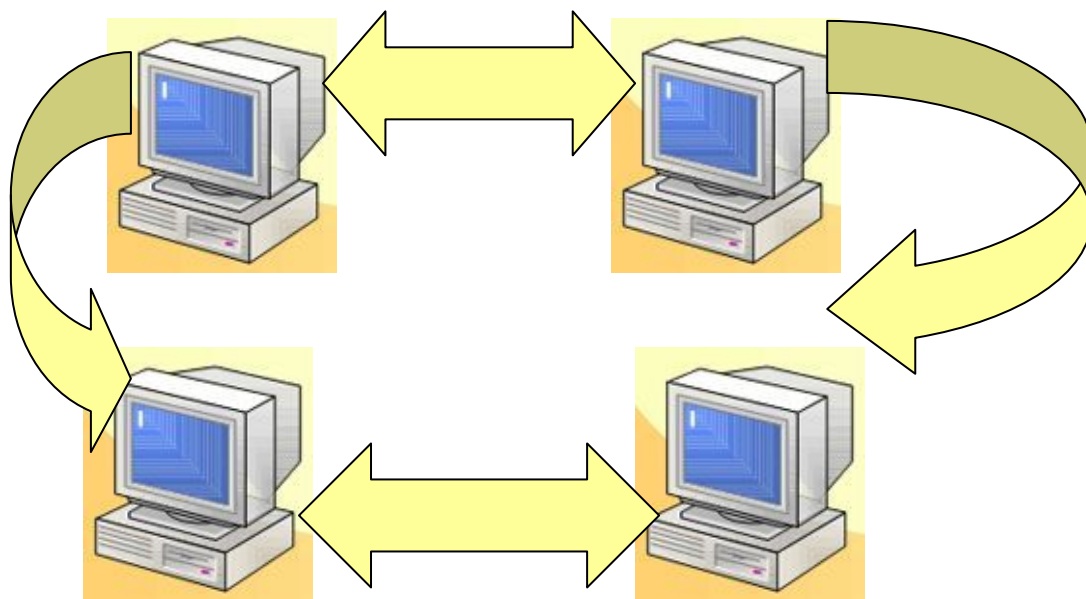


Ilustração 23 – Tipologia Física em Anel
Fonte: Concepção do autor

Nesta configuração, muitas das estações remotas ao anel não se comunicam diretamente com o computador central. As redes em anel são capazes de transmitir e receber dados em qualquer direção, mas as configurações mais usuais são unidirecionais.

Quando uma mensagem é enviada por uma estação ela entra no anel e circula até ser retirada pelo nó de destino, ou então, até voltar ao nó fonte, dependendo do protocolo empregado. O último procedimento é o mais desejável porque permite o envio simultâneo de um pacote para múltiplas estações. Outra vantagem é a de permitir a determinadas estações receber pacotes enviados por qualquer outra estação da rede, independentemente de qual seja o nó destino.

Os maiores problemas apresentados por esta tipologia são relativos à sua pouca tolerância à falhas. Qualquer que seja o controle de acesso empregado, ele pode ser perdido por problemas de falha, e pode ser difícil determinar com certeza se este controle foi perdido, ou decidir qual nó deve recriá-lo.

Esta configuração requer que cada estação seja capaz de remover seletivamente mensagens da rede, ou passá-las adiante para o próximo. Nas redes unidirecionais, se ocorrer uma falha em uma linha entre duas estações, todo sistema será desabilitado até que o problema seja resolvido. Se a rede for bidirecional, nenhuma estação ficará inacessível, já que poderá ser atingida pelo outro lado.

3.2.1.3 Topologia em Barramento Tipo Barra ou Bus

Nesta configuração, mostrada na ilustração 24, todas as estações se ligam ao mesmo meio de transmissão. A barra é geralmente compartilhada em tempo e frequência permitindo transmissão de informação.

Nas redes em barra comum, cada estação conectada a barra pode ouvir todas as informações transmitidas. Esta característica facilita as aplicações com mensagens do tipo difusão. A técnica adotada para acesso à rede é a multiplexação no tempo, isto é, através do acesso de cada barra por vez, em alta velocidade. No controle centralizado, o direito de acesso é determinado por uma estação especial da rede.

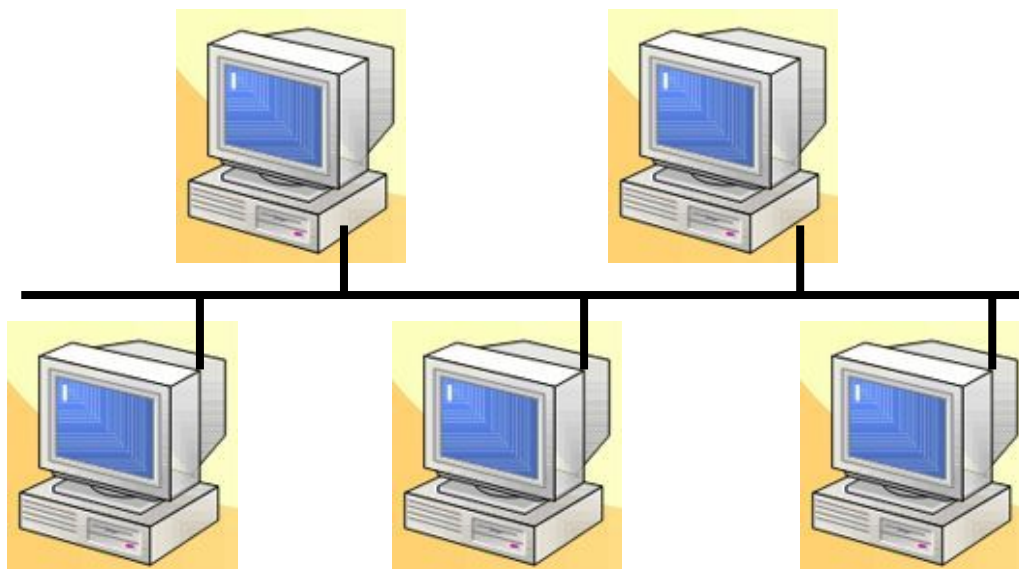


Ilustração 24 – Tipologia Física de Barramento
Fonte: Concepção do autor

Em um ambiente de controle descentralizado, a responsabilidade de acesso é distribuída entre todas as estações. Na topologia em barra, as falhas não causam a parada total do sistema. O desempenho de um sistema em barra comum é determinado pelo meio de transmissão, número de estações conectadas, controle de acesso, tipo de tráfego entre outros fatores. O tempo de resposta pode ser altamente dependente do protocolo de acesso utilizado.

3.2.2 Topologia Lógica

A topologia lógica da rede determina como os dados são transmitidos através da rede. Para cada topologia existe um tipo de protocolo de acesso ao meio adequado. Dentre as topologias lógicas básicas de redes podem ser citadas: *Token Ring*, *Arcnet* e *Ethernet*.

As redes como *Token Ring* e *Arcnet* já foram muito utilizadas, entretanto hoje se encontram caindo em desuso com a popularização das redes *Ethernet*. Ainda é possível encontrar algumas redes *Token Ring*, sobretudo em grandes empresas.

Token Ring

Estas redes utilizam a tipologia física de redes em anel. Um pacote especial, denominado de *Token* (autorização) circula pela rede sendo transmitido de estação para estação. Quando uma estação precisa transmitir dados, ela espera até que o pacote *Token* chegue à estação. Em seguida, inicia a transmissão de seus dados. Os pacotes são transmitidos de estação para estação, isto é, a primeira transmite para a segunda, que transmite para a terceira etc. Quando os dados chegam à estação de destino, esta efetua uma cópia para si, porém, continua a transmissão de dados. Assim, a estação transmissora continuará enviando pacotes, até que, o primeiro pacote enviando de uma volta completa no anel físico e retorne a ela, e quando há essa ocorrência, a estação pára de transmitir.

ArcNet

As redes *ArcNet* apresentam seu funcionamento também baseado em um pacote *Token*. A diferença é que, ao invés do pacote ficar circulando pela rede, é eleita uma estação controladora da rede, que envia o pacote *Token* para uma estação de cada vez.

Ethernet

Nas redes *Ethernet* quando uma estação precisa transmitir dados, esta estação irradiará o sinal para toda a rede, assim, todas as demais estações ouvirão a transmissão, mas apenas a estação que contiver o endereço indicado no pacote receberá os dados, e as demais estações simplesmente passam a ignorar a transmissão. Como, apenas uma estação pode falar de cada vez, antes de transmitir os dados esta estação verifica a transmissão, se perceber que nenhuma estação está transmitindo, então envia seu pacote. As redes *Ethernet* podem utilizar tipologias físicas de estrela ou barramento.

3.2.3 CARACTERÍSTICAS DE REDES

Para se descrever qualquer tipo de rede, elas deverão ser caracterizadas utilizando-se o modelo OSI – *Open System Interconnection*, desenvolvido pela ISO –

International Organization for Standardization, cujo objetivo foi promover o aparecimento de normas na área de comunicações entre computadores, para fazer equivaler ao que se verificava já para as comunicações telefônicas, definidos no âmbito da CCITT (*International Telegraph and Telephone Consultive Committee*). Um modelo importante de arquitetura hierárquica para redes padrão é dado pelo RM – OSI (*Modelo de Referência para Interconexão Aberto*), proposto pela ISO, visto na ilustração 25.

Sistema aberto é aquele que pode ser interconectado a outro, segundo padrão estabelecido. Já um sistema proprietário é interconectado com o próprio sistema.

7	APLICAÇÃO	Informação formatada
6	APRESENTAÇÃO	Conversão de dados
5	SESSÃO	Gestão de diálogo
4	TRANSPORTE	Transmissão entre entidades
3	REDE	Interligação entre redes
2	LIGAÇÃO DE DADOS	Comunicação de dados
1	FÍSICA	Interligação do equipamento

Ilustração 25 - Modelo de Referência RM - OSI da ISO
Fonte: HUBERT - 2001

O objetivo do RM – OSI é fornecer uma base comum que permita o desenvolvimento coordenado de padrão para interconexão de sistemas. O modelo de referência identifica 7 níveis ou camadas envolvidas em um processo de comunicação, de forma que, cada uma das camadas fornece serviço de comunicação à camada imediatamente superior.

Camada 7 - Aplicação:

Oferece aos processos aplicativos os meios para utilizarem o ambiente de comunicação OSI. Funções especializadas tais como; transferência de arquivos, terminal virtual, correio eletrônico. Esta camada deve suprir o processo de aplicação com ferramentas eficientes que possibilitem a manipulação e acesso a variáveis.

Camada 6 - Apresentação:

Resolução da representação de dados entre dois sistemas diferentes. Formatação de dados e conversão de caracteres e códigos. Pode ser comparada a um tradutor que permite a conversação entre duas pessoas que não falam o mesmo idioma. Pode ter outros usos, como compressão de dados ou criptografia dos dados.

Camada 5 - Seção:

Responsável pelo gerenciamento de atividades na estrutura de controle para comunicação entre aplicações. Efetua a negociação e estabelecimento de conexão com outro nó.

Camada 4 - Transporte:

Transferência de dados, entre dois pontos diretamente de forma confiável através de controle de seqüência, detecção e recuperação de erros fim-a-fim. Corresponde aos meios e métodos para entrega de dados de uma ponta a outra. Efetua a divisão em pacotes dos dados que serão transmitidos pela rede.

Camada 3 - Rede:

Independência das tecnologias de transmissão e comutação usadas para conectar os sistemas. Roteamento (entrega de pacotes de dados entre equipamentos de uma rede) através de uma ou várias redes.

Camada 2 - Enlace:

Tornar o canal de transmissão (camada física) um meio confiável para a Camada de Rede. Efetua detecção e opcionalmente correção de erros introduzidos pelo meio de transmissão.

Camada 1 - Física:

Permite o envio de bits pela rede sem se preocupar com significado dos mesmos ou como são estruturados. Trata das características eletromecânicas para acessar o meio físico. É constituído do meio elétrico escolhido para transmissão dos dados (RS-232, RS-485, Cabos Ethernet, etc).

O modelo RM – OSI apesar de apresentar versatilidade e abrangência não é adequado para interconexão de equipamentos que necessitem de alto desempenho na troca de informações. As sete camadas para sistemas que exigem respostas no tempo na ordem de milissegundos tornam a comunicação ineficiente, como no caso das aplicações de tempo real em controle de processo.

3.2.3.1 Meios de Comunicação

Um dos fatores mais importantes na integração dos sistemas dentro de um ambiente de trabalho é a rede de comunicação de dados, pois é a rede a responsável pela troca de informações e sincronização entre processos envolvidos.

Quanto aos modelos de comunicação existem dois principais modelos que são utilizados em sistemas de automação.

Modelo Servidor Cliente

O transmissor estabelece uma conexão com o receptor e inicia a transmissão. Como cada camada do modelo OSI acrescenta um cabeçalho em cada quadro de dados transmitido, ocorre um acúmulo excessivo de bits em cada quadro de dados. Por esta razão, a maioria dos sistemas de automação não utiliza todas as camadas definidas no modelo, mais sim, somente um subconjunto das mesmas.

Modelo Multicast (Comunicação Grupal)

Uma mesma mensagem é enviada a vários componentes de uma rede com garantia de que todos processarão a mesma mensagem, dando um maior controle sobre o tempo real e utilizando de uma forma mais otimizada o barramento de envio, já que, em um sistema de automação há grandes chances de haverem diversos componentes similares, que necessitem receber as mesmas mensagens ao mesmo tempo. Assim, em um sistema de automação onde podem existir diversos sensores microcontrolados espalhados pela instalação e deseja-se enviar a mesma informação a todos eles, este meio é o mais eficiente. Para implementar este tipo de comunicação é necessário haver um protocolo de comunicação.

3.2.3.2 Arquitetura de Redes

Nos meados dos anos 80, a empresa General Motors – GM, cansada das dificuldades encontradas na informatização da empresa resolveu desenvolver um padrão para automação fabril. O padrão foi batizado como MAP (*Manufacturing Automation Protocol*), tinha como função a interconexão de múltiplas redes locais bem como, a conexão de redes de grandes distâncias (rede de fábrica). Ele é baseado nas normas ISO para o modelo OSI utilizando na camada de aplicação o protocolo MMS (*Manufacturing Message Specification*) projetado para o monitoramento e controle de dispositivos como computadores. Outros padrões utilizados são; CNMA – *Communication Network for Manufacturing Applications*; Ethernet TCP/IP; TOP – *Technical and Office Protocol*; FDDI – *Fiber Distributed Data Interface*.

De forma implementar um conjunto de protocolos reduzidos que fosse capaz de promover a comunicação no nível do controle direto, com tempo de respostas e segurança exigidos pela aplicação e com custos compatíveis, foi desenvolvido o padrão Mini-MAP.

Esta arquitetura é formada pelas camadas 1, 2 e 7 do modelo OSI, permitindo a construção de módulos de comunicação mais simples e com custo compatível ao do equipamento de controle que se deseja interconectar a rede (rede de célula), conforme mostrado na ilustração 26.

7	MMS
Vago	
2	LLC – Tipo 3 – 8802.2 Token Bus
1	Banda portadora – 8802.4 5Mbps

Ilustração 26 – Arquitetura Mini – MAP

Fonte: <http://penta2.ufrgs.br> – março 2005

Para efetivar a substituição das tradicionais ligações ponto a ponto por meio de comunicação compartilhada, utilizou-se rede que visavam à interligação de sensores, atuadores, sistemas de comando local. De forma geral estas redes (rede de campo) adotam a arquitetura de 3 camadas do modelo de referência OSI. De acordo com Marte (1995, p.59) isso viabilizou a introdução do conceito de barramento de campo – barramento serial, digital, bidirecional e de acesso compartilhado (multiponto), associado a protocolos de controle de ligação de dados e de interface a sistemas usuários. Os padrões utilizados nestas redes podem ser divididos em 3 grupos.

Redes de sensores – são aquelas apropriadas para interligar sensores e atuadores tais como; chaves limites, contadores, posicionadores de válvulas, etc. As mais utilizadas são; *CAN – Controller Área Network, LonWorks – Local Operating Network*.

Redes de dispositivos – São aquelas que interligam dispositivos mais genéricos como CLP`s ou outros dispositivos de aquisição de dados e controle. As mais utilizadas são; *PROFIBUS, DEVICENet, InterBus, ModBus*.

Redes de Instrumentação – São aquelas concebidas para integrar instrumentos analógicos no ambiente tais como; transmissores de pressão, nível, vazão, válvulas de controle, etc. Era necessário dotar os instrumentos de mais inteligência e fazê-los se comunicarem em rede. O padrão 4 – 20 mA para transmissão de sinais analógicos tinha que ceder lugar a transmissão digital. As mais utilizadas são; *HART – Highway Addressable Remote Transducer, FIP.*

3.2.4 Protocolos e Redes

O Sistema de Supervisão e Controle Predial – SSCP é a parte dos Edifícios Inteligentes que se preocupa com o Gerenciamento do Sistema de Utilidades. O Sistema de Supervisão e Controle Predial tem entre seus objetivos:

- 1 - A centralização das informações referentes ao funcionamento dos diversos sistemas vitais às operações do edifício;
- 2 - A execução de lógicas de intertravamentos necessárias ao controle automático dos equipamentos;
- 3 - A redução dos custos operacionais e a economia de energia, através da utilização racional dos recursos disponibilizados;
- 4 - O aumento da segurança da instalação, através da imediata detecção de situações anormais e agilização das providências.

As tecnologias existentes para controle predial são basicamente as mesmas encontradas nos sistemas direcionados às indústrias.

No âmbito predial existem três tipos básicos de sistemas de controle eletrônico:

- 1 - Controle local: onde não existe integração alguma entre o processo e o restante do edifício. O caso mais conhecido é o de controle de temperatura em quartos de hotéis, onde o hóspede determina o grau de conforto interno.

2 - Controle regional: onde um único controlador é responsável por um conjunto de equipamentos, ainda sem nenhuma inter-relação com os demais subsistemas.

3 - Controle distribuído: onde todos os subsistemas são individualmente controlados e interligados por uma rede de comunicação, onde trocam informações entre si, reportando à central do sistema o estado de cada um dos subsistemas.

O protocolo de comunicação é um elemento essencial na configuração do SSCP (Sistema de Supervisão de Controle Predial), devido ao volume de dados transferidos de um ponto a outro e da possibilidade de os controladores distribuídos terem informações interdependentes.

3.2.4.1 Modbus

O *Modbus* talvez seja um dos mais antigos protocolos utilizados em redes com controladores lógicos programáveis (CLP) para coletar sinais de instrumentos e comandar atuadores. O *Modbus* utiliza como meio físico o RS – 232, RS – 485 ou Ethernet. A ilustração 27 mostra o seu uso.

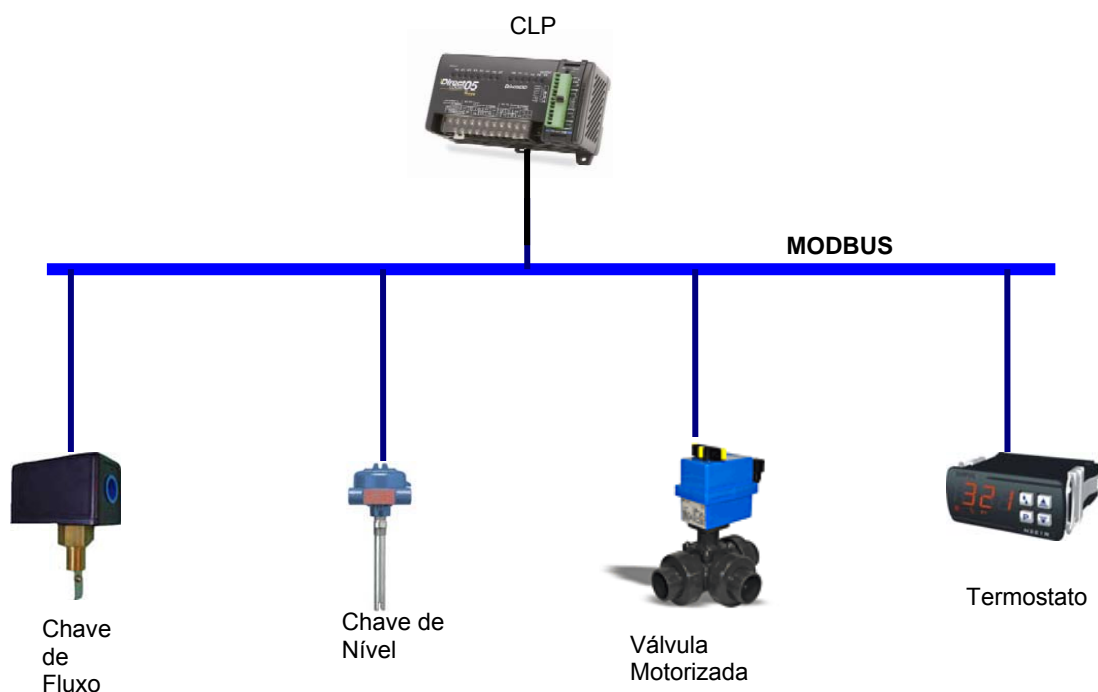


Ilustração 27 – Rede com protocolo *MODBUS* – CLP e módulos de E/S
Fonte: Concepção do autor

A comunicação é feita por meio de técnica mestre-escravo, na qual o dispositivo (mestre) pode iniciar uma transação. O outro dispositivo (escravo) responde fornecendo o dado solicitado pelo mestre. Sendo mestre o CLP e cada módulo de entrada (E) e saída (S) será um escravo.

3.2.4.2 BACnet

O *BACnet – Building Automation and Control Network*, é um padrão ANSI desenvolvido pela ASHARE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* é um protocolo de comunicação que possibilita a interoperabilidade (interconectar dispositivos de diferentes fabricantes) de equipamentos de automação predial. Utiliza as camadas 1, 2,3 e 7 do modelo de referência OSI da ISO. Dá suporte a Ethernet para uso com RS – 485 na camada física. É um protocolo de nível para automação predial.

3.2.4.3 LonWorks

É uma topologia de rede que foi criada com o intuito de solucionar problemas de controle de sistemas. É uma plataforma proprietária aberta e desenhada para implementar a interoperabilidade de redes de controle. Um grande número de companhias fornecem um leque variado de *hardware* e *software* que suportam o desenvolvimento de sistema de controle predial baseado na tipologia *LonWorks*. Atualmente esta tecnologia está proporcionando para os controles distribuídos, forma fácil e rápida de montar redes de dispositivos inteligentes, interligados por um ou mais meios de comunicação, através do protocolo *Longtalk*.

3.2.4.4 Metasys de Automação e Controle Predial

O sistema *Metasys*, da Jonson Control, apresentado na ilustração 28, é aquele que mais claramente reflete a arquitetura distribuída hierárquica, apresentando-se como uma evolução de linhas de produtos especializados em que a integração não tinha lugar.

Este sistema engloba diversas áreas, estando representadas as seguintes:

- Sistema de Ar Condicionado;
- Sistema de Detecção de Incêndio;
- Sistema de Controle de Acessos;
- Sistema de Controle de Iluminação.

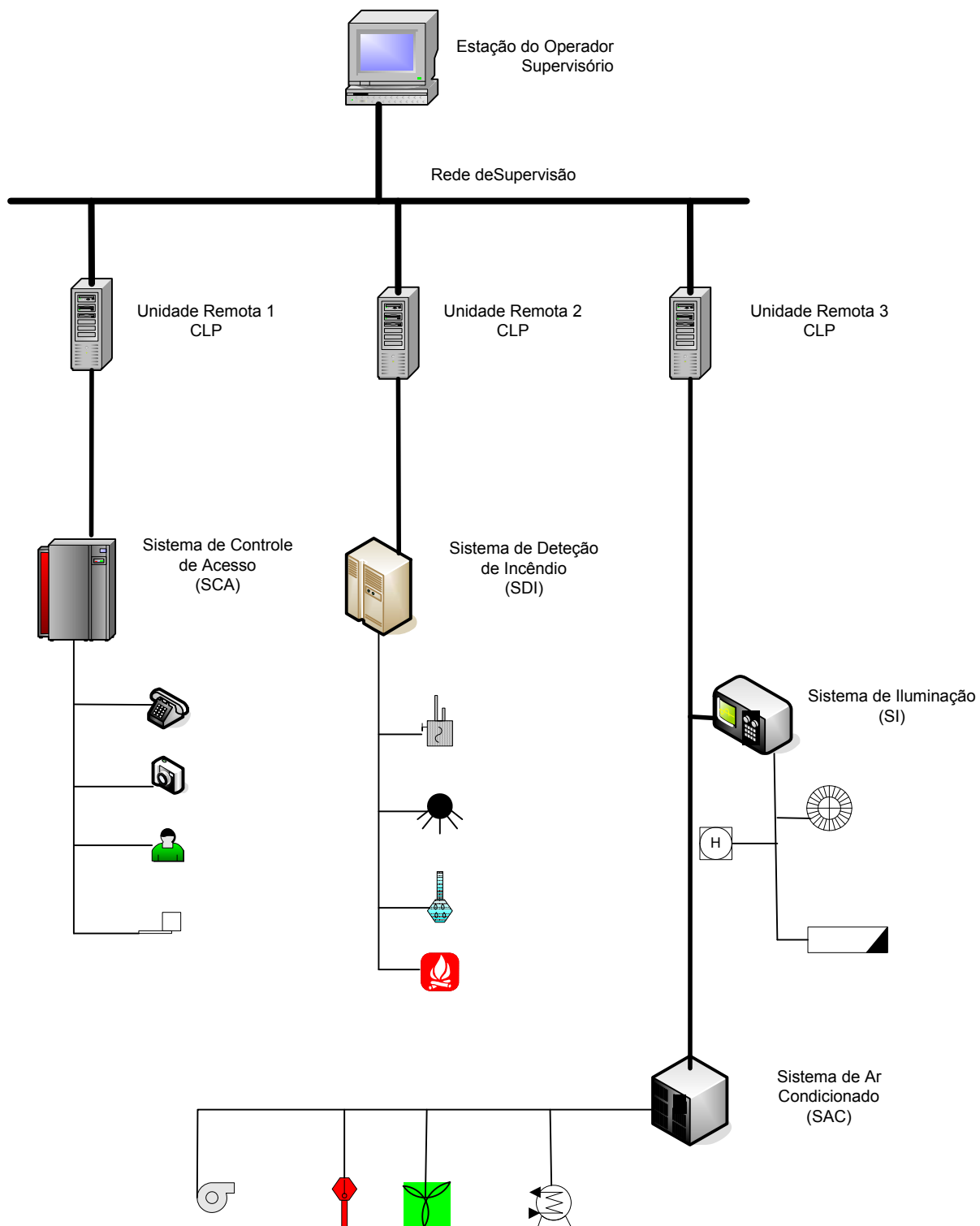


Ilustração 28 – Sistema *Metasys* – Rede Supervisória
Fonte: Concepção do autor

Cada área de intervenção corresponde a um subsistema que pode funcionar de forma isolada e independente dos restantes. Um subsistema é constituído normalmente por um equipamento que desempenha funções de controle e gestão (SCA, SDI, SI, SAC) e por um conjunto de equipamentos periféricos com funções específicas e pelos respectivos sensores e atuadores.

Os vários subsistemas (CLP1, CLP2, CLP3) interligam-se na rede de supervisão. Esta rede permite a comunicação entre os diversos subsistemas com suporte à integração.

3.2.4.5 X10

Entre 1976 a 1978 a empresa *Pico Eletronics Ltd. of Glenrother*, Escócia, desenvolveu o protocolo X10, com o objetivo de transmitir dados através da fiação da rede elétrica a baixa velocidade; 50 bps na Europa e 60 bps nos EUA. Com a expiração da patente no fim do século XX, a tecnologia X10 passou a ser um protocolo aberto, e assim, várias empresas passaram a comercializar produtos baseados nesta tecnologia. (HERNANDES, p.20, 2000)

O protocolo X10 usa a fiação da rede de distribuição de energia elétrica na edificação, como principal meio de comunicação entre os vários dispositivos. Este protocolo utiliza uma arquitetura descentralizada, não necessitando nenhum elemento central para seu funcionamento, este é um aspecto principal desta tecnologia e sua maior vantagem em relação a outros protocolos.

O sistema X 10 pode ser constituído por um conjunto de dispositivos transmissores e receptores que sejam comandados diretamente por um comando remoto. Assim, através do uso de um comando remoto de rádio frequência, o usuário pode enviar um determinado comando. Este comando é recebido por um receptor, com o protocolo X 10, de rádio frequência, que por sua vez, o encaminha através da rede elétrica aos respectivos elementos que serão comandados. A finalidade do uso da rádio frequência é o de permitir aumentar o alcance do telecomando. Como todos os receptores conseguem receber todos os sinais que circulam na rede elétrica, torna-se necessário haver um endereçamento para cada mensagem.

Para resolver o problema, o protocolo X10 implementou um sistema simples de endereçamento que utiliza 16 códigos de compartimentos ou setores (utilizando as letras de A a P) e 16 códigos de aparelhos (utilizando a numeração de 1 a 16). Assim, é permitido endereçar $16 \times 16 = 256$ endereços diferentes (aparelhos). Os endereços são atribuídos aos diversos dispositivos com protocolo X10 manualmente nos próprios dispositivos, através de dois seletores rotativos. Em um dos seletores é estabelecido um código para o aparelho e no outro um código para o setor. Assim, se houver 2 dispositivos com o mesmo endereçamento ambos irão responder aos comandos enviados.

O X-10 pode ser uma boa solução nos casos de edificações já construídas, onde quer se evitar transtornos com reformas custosas e deve ser dirigido para aplicações autônomas (isto é, não integradas) e não críticas. Levando-se em conta estas restrições, pode-se obter excelente relação custo/benefício, além de sua facilidade de instalação e operação.

3.2.4.6 EIB – *European Installation Bus*

O sistema EIB para automação de edifícios é uma topologia livre, de sistema descentralizado com inteligência distribuída, baseada no protocolo de comunicação série CSMA/CA, mostrada na ilustração 29.

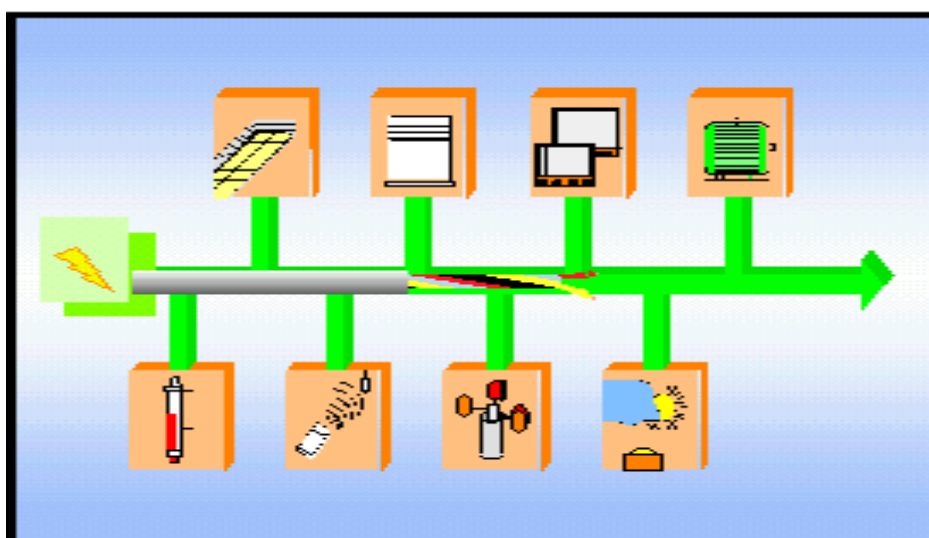


Ilustração 29 – Sistema EIB – Instalbus
Fonte: www.proenge.com.br – julho de 2007

O aumento da procura por flexibilidade, facilidade de instalação, automação de sistemas e redução do consumo de energia levaram ao desenvolvimento de sistemas de administração de instalação predial, que tem por finalidade principal gerar conforto, segurança e economia para seus usuários. O *Instalbus* é uma linha de equipamentos de automação predial baseada no EIB, que ficou conhecido mundialmente através do incentivo dado por parte do fabricante Siemens. Segundo Bolzani (2204, p192) a empresa Siemens garante que *dimmers* do sistema *Instalbus* diminuem o consumo de energia em até 50%, enquanto os *dimmers* tradicionais economizam cerca de 25%, pois, os do sistema *Instalbus* são programados para que a lâmpada acenda sempre com um valor abaixo da potência máxima.

3.3 Terminologias para Tarifas de Energia Elétrica

Para que seja melhor compreendido termos tais como; horário de ponta, demanda contratada, deslocamento da carga, entre outros, utilizados neste trabalho, é necessário a apresentação de um conjunto de definições que permitam o entendimento da estruturação da tarifa de energia elétrica praticada no Brasil, de maneira ser melhor interpretada na organização de sistema para abrigar alta tecnologia. As tarifas de energia elétrica no Brasil, que já foram diferenciadas por concessionária e chegou a ser única em todo território nacional, teve sua equalização descontinuada pela Lei nº. 8631/1993. Atualmente sob regulamentação da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, as tarifas são homologadas por concessionário, refletindo suas peculiaridades e dando condições de garantir o equilíbrio econômico/financeiro com ganhos suficientes para cobrir seus custos operacionais e remunerar os investimentos, além de fornecer energia com qualidade.

3.3.1 Terminologias Técnicas

As terminologias apresentadas foram extraídas do Art. 2 da Resolução ANEEL nº. 456/2000. Para que não se perca a referência, foi mantida a mesma numeração adotada na Resolução, entretanto, para o objetivo deste trabalho só foram utilizados os artigos pertinentes ao mesmo.

I – Carga Instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

VI – Contrato de fornecimento: instrumento contratual em que a concessionária e o consumidor responsável por unidade consumidora do Grupo “A”, ajustam as características técnicas e as condições comerciais do fornecimento de energia elétrica.

IX – Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme o valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

X - Demanda de Ultrapassagem: parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

XI – Demanda faturável: valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

XII – Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de quinze (15) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

XIII – Energia elétrica ativa: energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora(kWh).

XIV – Energia elétrica reativa: energia elétrica que circula continuamente entre diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-hora(kVArh).

XVI – Estrutura tarifária convencional: estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

XVII – Estrutura tarifária horo-sazonal: estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir:

- a) Tarifa azul: modalidade estruturada de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.
- b) Tarifa verde: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência.
- c) Horário de ponta(P): período definido pela concessionária e composto por três (3) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da paixão, “Corpus Cristi”, dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico.
- d) Horário fora de ponta(F): período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.
- e) Período úmido (U): período de cinco (5) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.
- f) Período seco (S): período de sete (7) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

XVIII – Fator de carga: razão entre a demanda média e a demanda máxima em um intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

XIX - Fator de demanda: razão entre a demanda máxima em um intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

XX – Fator de potência: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétrica ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

XXII – Grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou ainda atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo, caracterizado pela estruturação tarifa binômica e subdivididos nos seguintes subgrupos:

- a) Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- e) Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV.
- f) Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, atendidas a partir de sistemas subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo em caráter opcional.

XXXIV – Tarifa: preço da unidade de energia elétrica e/ou da demanda de potência ativa.

XXXV – tarifa monômica: tarifa de fornecimento de energia elétrica construída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa.

XXXVI – tarifa binômica: conjunto de tarifas de fornecimento constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável.

3.4 Sistema de Ar Condicionado

A maioria dos países da América do Sul possui clima essencialmente tropical, assim sendo, geralmente necessitam de sistemas de condicionamento de ar para resfriamento de ambientes, estando inserido nesta situação o Brasil.

Nos edifícios de escritórios trabalham os empregados do setor terciário, que passam grande parte de seu tempo de trabalho, sujeitos a implicações relativas a conforto e produtividade. Essas implicações repercutem diretamente no consumo de energia elétrica porque estão relacionadas principalmente com os sistemas de ar condicionado instalados. (LEITE, p.1, 2003)

Os sistemas de ar condicionado são classificados de acordo com o fluído fornecido ao espaço a ser tratado. Assim, podem ser do tipo; ar – ar, ar - água. Nestes sistemas, os dispositivos de atuação são responsáveis pela modificação do estado do objeto, onde dentre eles temos como principais; dampers que são registros para regularem a passagem de ar, ventiladores que são responsáveis pelo transporte de ar, *chillers* que são responsáveis pelo resfriamento da água, torre de resfriamento que são responsáveis por liberar para a atmosfera exterior o calor retirado pelos *chillers*.

3.4.1 Sistema de Ar do Tipo Ar – Ar

Neste sistema o ar é tratado, esfriado em uma central e enviado através de dutos até cada ambiente. Apresenta como vantagem, poder ser aplicado a ambientes fechados com controle da temperatura e umidade. Apresenta em contra partida a desvantagem de maior custo, pois seus grandes dutos acabam ocupando grandes espaços na edificação.

3.4.2 Sistema de Ar do Tipo Ar – Água

Neste sistema, água e ar são enviados para cada ambiente onde são resfriados. No local de resfriamento há *fan-coil* para realizar esta operação. Os *fan-coils* são

elementos que possuem ventilador e serpentina, conforme mostrado na ilustração 30, por onde os fluidos passam, através de válvula de controle. Os *fan-coils* geralmente são instalados em salas especiais, chamadas de salas de máquinas, em virtude de estes equipamentos gerarem grande ruído.

O ar frio agora insuflado pelo *fan-coil* necessita ser transportado até o ambiente que se deseja resfriar. Para este transporte são utilizados dutos isolados, os quais são divididos em dutos de retorno e dutos de insuflamento. Através do duto de insuflamento é soprado o ar frio no ambiente controlado e através do duto de retorno, o *fan-coil* recebe o ar quente provindo do ambiente. Normalmente, há entrada de ar externo no duto de insuflamento para garantir a renovação de ar no ambiente.



Ilustração 30 – *Fan Coil*

Fonte: www.nucleartourist.com/systems - maio 2007

O sistema tipo ar – água, necessita de um duto com dimensões de 304,8 mm x 226,6 mm (12" x 9"), acrescido de mais duas tubulações de 50,8 mm (2"), enquanto que o sistema do tipo ar necessita de um duto com dimensões de 609,6 mm x 451,2 mm (24" x 12"), ou seja, o dobro do primeiro tipo, Como, estes dutos

usam *shaft* vertical, o duto para o sistema tipo ar – água irá ocupar menos espaço no *shaft*, além disso, este sistema apresenta a vantagem de bombeamento do fluido com apenas 1/6 de potência utilizado nos ventiladores no sistema do tipo ar – ar. (SOUSA, p.44, 2004)

Este sistema apresenta como vantagens; poder controlar vários tipos de áreas diferentes, resfriando-as independentemente, assim como, ter capacidade de centralizar a umidificação, desumidificação e filtragem.

O sistema do tipo água – ar é dividido em três partes; central de água gelada (CAG), *fan-coils* e caixa de volume de ar variável, representado na ilustração 31 abaixo.

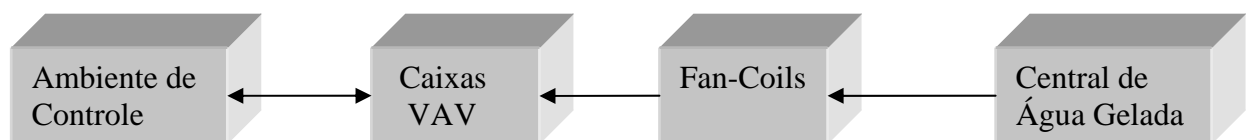


Ilustração 31 – Sistema de ar condicionado tipo água – ar
Fonte: Concepção do autor.

A central de água gelada (CAG) é o nome dado ao conjunto de equipamentos (bombas, tubulações, tanques, etc.) responsáveis pelo fornecimento de água gelada para os *fan-coils*, sendo seu principal elemento o *chiller*, o qual tem como finalidade baixar a temperatura da água. Uma central de água gelada pode possuir um ou mais *chillers*, variando quantitativamente em função da capacidade solicitada pelos *fan-coils* e demais dispositivos.

As características dos *chillers* são variáveis, podendo possuir um ou “N” compressores, sendo que estes podem ser do tipo *scroll*, parafuso ou alternativo. O sistema de condensação que pode ser à água ou à ar corresponde à característica mais importante para o controle, pois o sistema necessita possuir bombas para circulação da água de condensação, assim como, possuir torres de

resfriamento, que devem ser acionadas toda vez que for necessária à operação do *chiller*.

O fluxograma para um sistema de água gelada é mostrado na ilustração 32 com o ciclo fechado.

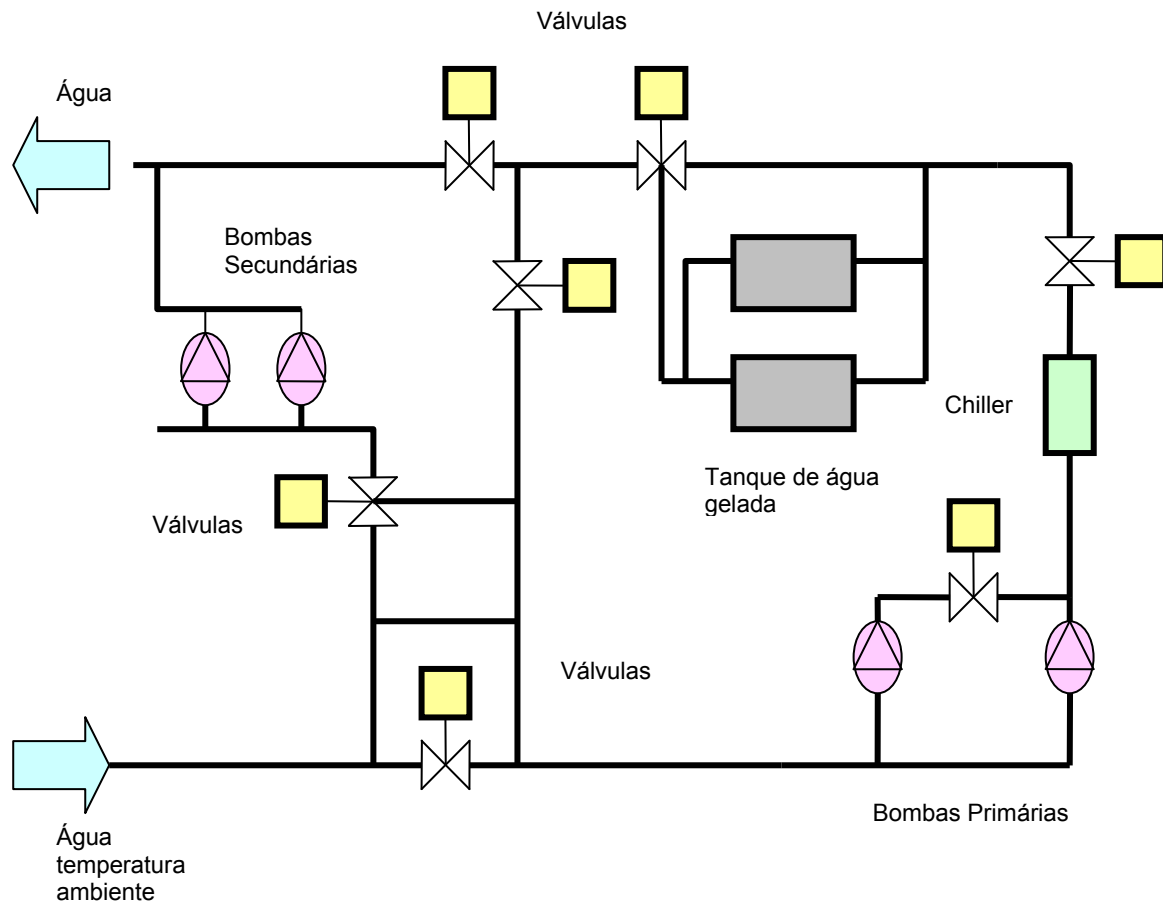


Ilustração 32 - Fluxograma sistema de água gelada.
Fonte: Concepção do autor

3.4.3 Sistema por Termoacumulação

O ar condicionado é responsável pela participação de maior consumo de energia elétrica, em edificações comerciais (HERNANDES, 2001). Esta ocorrência implica na necessidade de que as concessionárias de energia coloquem em serviço, fontes de geração de energia adicionais, para atender a este aumento de demanda solicitada (GOMES, p.47, 2003).

Assim, os consumidores de edificações comerciais, que possuem sistemas de ar condicionado geral, centralizado, contribuem para esta necessidade de geração

suplementar da concessionária e são majorados nas tarifas de energia elétrica, no valor de sua mais alta demanda de eletricidade nas horas de ponta, onde a tarifa apresenta maior valor do que no horário fora de ponta.

A armazenagem de frio, através de um banco de gelo, mostrado na ilustração 33, é um método para deslocamento da carga elétrica (*load – shifting*) dos horários de ponta, estabelecido no contrato de fornecimento de energia elétrica, ou ainda, para nivelamento da carga (*load levelin*) elétrica, que irá reduzir a demanda, transferindo o consumo de energia elétrica do horário de ponta para o horário fora de ponta (CHUMIOQUE, p30, 2004). Conseqüentemente haverá redução nos custos da energia elétrica. Este sistema utiliza um *chiller-padrão* para produzir gelo durante a noite, fora dos horários de ponta, quando a demanda de energia é mínima, pois neste horário, as solicitações das instalações na edificação são praticamente as menores possíveis.



Ilustração 33 – Tanques de gelo e resfriadores
Fonte: www.ejr.com.br/paginas/hermes.htm - maio 2007

O gelo, formado e armazenado em tanques modulares em um dia, auxilia no resfriamento nos horários de ponta de carga, pertencente ao ar condicionado, no dia seguinte.

Produzir gelo durante a noite e usar seu frio durante o dia, não é uma idéia inovadora, nem tampouco experimental, mas, o deslocamento da carga elétrica, com a redução da tarifa de energia e o desenvolvimento de projetos utilizando máquinas de menor capacidade, pode ser considerado de interesse renovado.

O sistema de banco de gelo pode reduzir os custos operacionais, como também os desembolsos de capital, quando os sistemas são adequadamente projetados para novos edifícios comerciais. Neste sistema, os projetistas podem especificar *chillers* (resfriador de líquido) de capacidade média, operando 24 horas por dia, no lugar de máquinas com capacidade integral para atenderem aos picos de carga elétrica, operando somente 10 ou 12 horas por dia. (PAVAN, 2004)

Podem ser utilizados em reabilitação de instalações existentes, pois um sistema de energia armazenada por banco de gelo, pode frequentemente suprir cargas térmicas adicionais sem aumento da capacidade de *chiller* existente.

Em projetos convencionais para sistemas de ar condicionado, as cargas térmicas de refrigeração são medidas em termos de “Tonelagem de Refrigeração” necessárias, ou simplesmente, “toneladas” ou “TON”.

Para Sistemas de Armazenagem de Frio, a sua capacidade é indicada em “Toneladas – Hora” ou “TON-HORA”.

Tomando-se representação, como mostrado na ilustração 34, para uma carga teórica de refrigeração de 100 TON, mantida durante 10 horas, ou uma carga de refrigeração de 1000 TON-HORA.

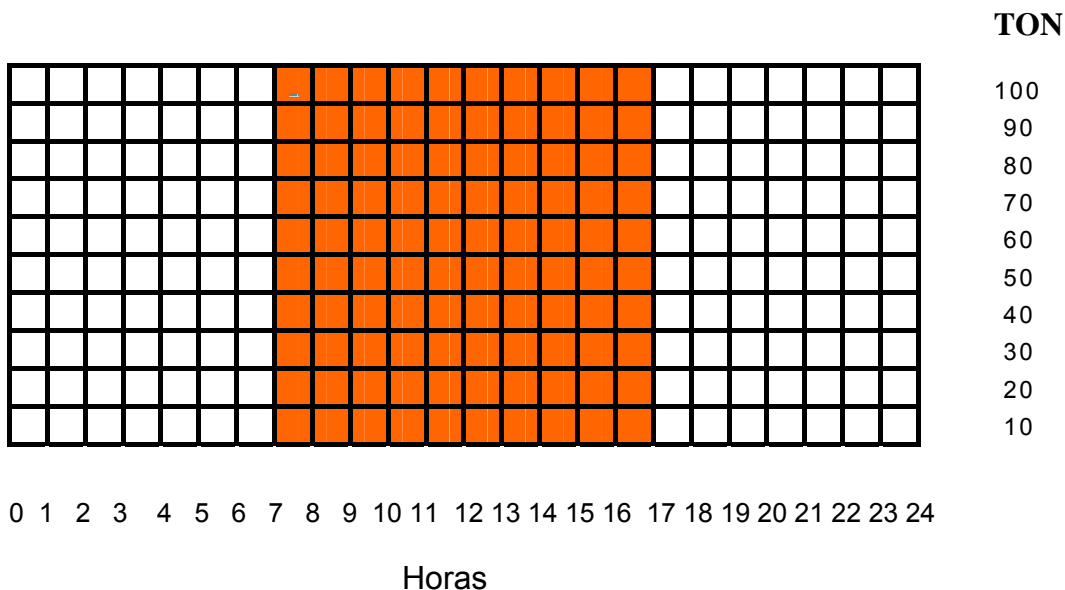


Ilustração 34 – Carga teórica de refrigeração
Fonte: Concepção do autor

Cada um dos 100 quadrados no diagrama representa 10 TON-HORA. Na prática, nenhum sistema de ar condicionado de edifício comercial opera com 100% de capacidade durante todo o ciclo diário de refrigeração (PAVAN, 2004). A carga de ar condicionado atinge o seu pico durante o período da tarde. Geralmente entre 14:00h e 16:00h, na cidade do Rio de Janeiro, a temperatura do ambiente externo atinge seu valor mais alto (BRANDÃO; FARIAS, 2006).

A ilustração 35 representa o perfil típico da carga de ar condicionado de um edifício comercial durante o dia (baseado em FRANÇA; MORALES; CARVALHO, 2005). Como é possível de ser visto, o *chiller* de 100 TON de capacidade total é necessário somente durante 2 horas das 10 horas do ciclo de refrigeração. Durante as outras 8 horas, apenas uma parcela da capacidade total do *chiller* é solicitada. Somando-se os quadrados sombreados, encontraremos um total de 75, cada um dos quais representando 10 TON-HORA. Portanto, o edifício tem carga real de 750 TON-HORA. Entretanto, é necessário especificar *chiller* de 100 TON, para atender à carga de refrigeração de 100 TON no horário de ponta. O fator de carga é definido como a relação entre carga real de refrigeração e a capacidade potencial total do *chiller*, ou seja:

$$F_{Carga} = \frac{TON - HORA(Carga_{Real})}{TON - HORA(Pot_{Total})} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

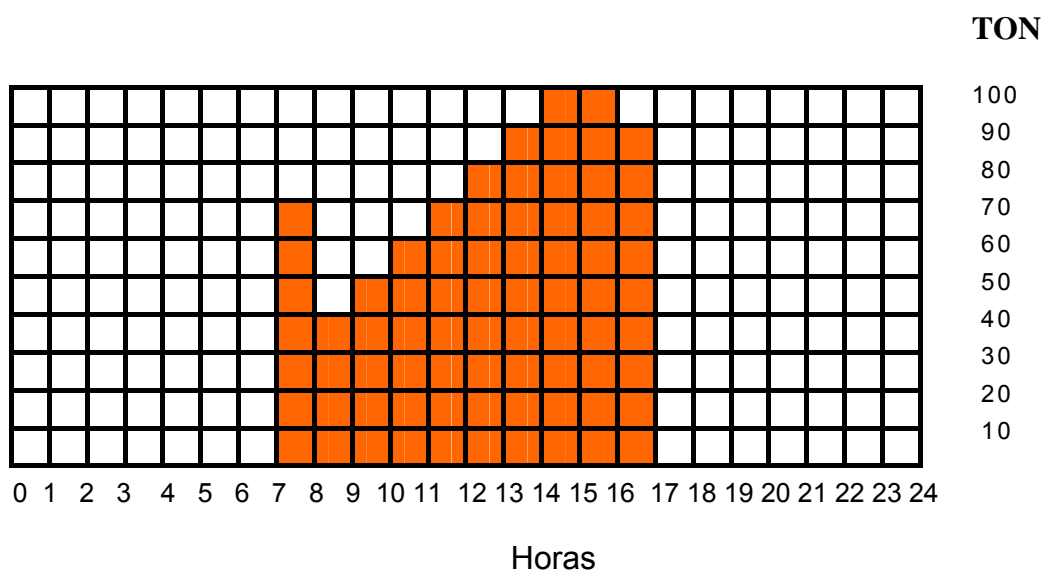


Ilustração 35 - Carga teórica de refrigeração – 10 horas
Fonte: Elaboração do autor

No caso visto anteriormente, o *chiller* apresenta um fator de carga de 75%. Ele é capaz de prover 1000 TON-HORA, quando somente são solicitadas 750 TON-HORA. Se o fator de carga for baixo, a eficiência de custo do sistema também será pequena.

Dividindo-se o total de TON-HORA do edifício pelo número de horas em que o *chiller* opera, temos a carga média do edifício durante todo o período de refrigeração.

Se a carga de ar condicionado puder ser deslocada para um horário fora de ponta ou nivelado para carga média, é possível ser utilizado um *chiller* de menor capacidade, alcançando um fator de carga de 100%, e melhorando o custo do sistema.

A administração de carga é possível com sistema de armazenagem de frio quando as tarifas de energia elétrica requerem um deslocamento completo de carga, podendo ser utilizado um *chiller* de capacidade convencional, com armazenagem de frio suficiente para deslocar a carga total para fora do horário de ponta. Denomina-se esta, modulação de sistema de armazenamento total, e deve ser utilizado em

instalações onde será feita reabilitação no sistema de ar condicionado, usando a capacidade do *chiller* existente (PAVAN, 2004).

A ilustração 36 mostra o perfil da carga de ar condicionado do edifício comercial, tratado anteriormente, com a carga de refrigeração completamente deslocada para 14 horas, fora do horário de uso da refrigeração. O frio armazenado a 32°F (0°C) no gelo atende a demanda de 750 TON-HORA durante o dia. Assim, a carga média é reduzida para 53,6 TON, o que resulta em significativa redução do pico da demanda pela redução do consumo nas horas de ponta.

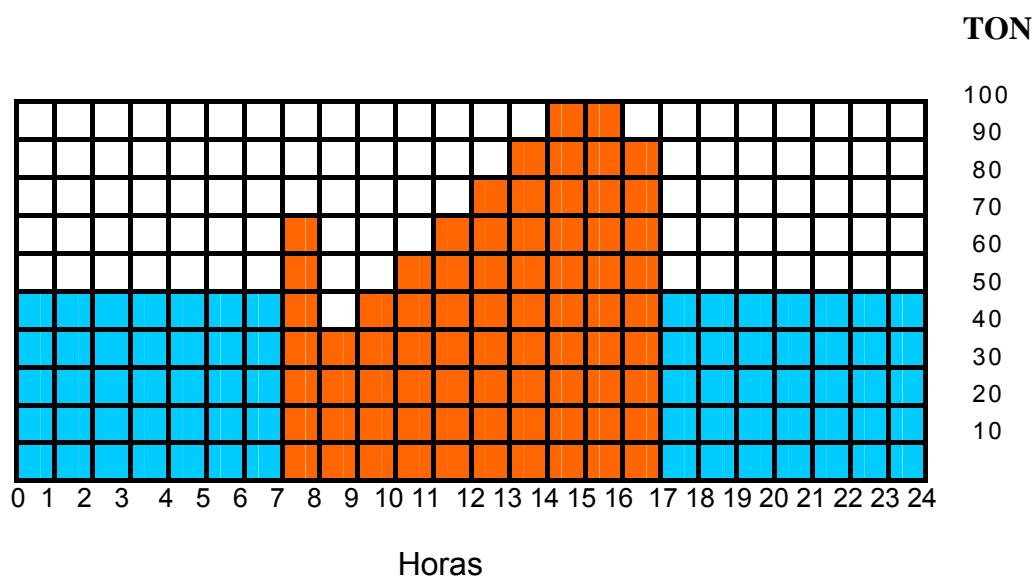


Ilustração 36 – Carga teórica de refrigeração -14 horas
Fonte: Concepção do autor

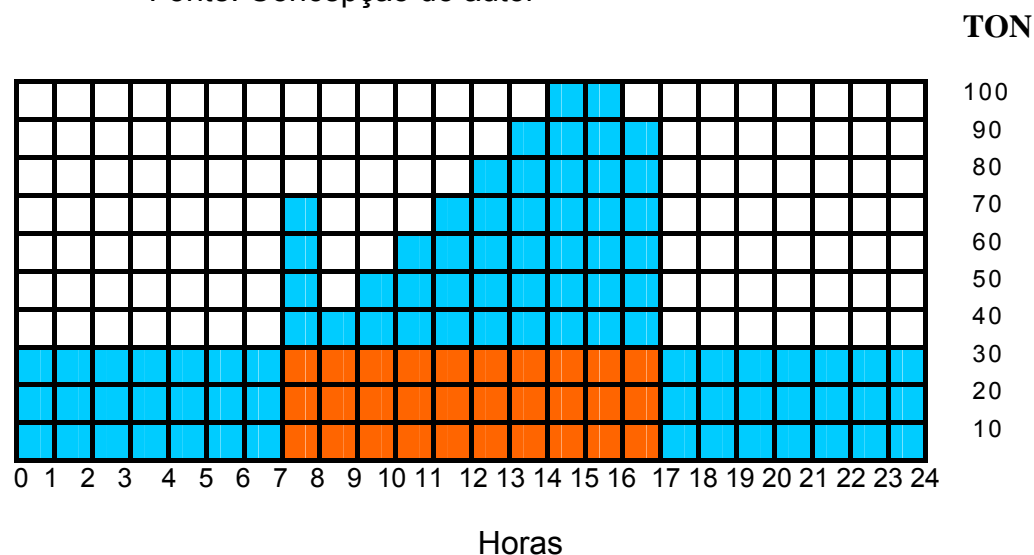


Ilustração 37 – Carga teórica de refrigeração – 24 horas
Fonte: Concepção do autor

Em edificações novas onde a instalação de ar condicionado será efetuada, o sistema de armazenamento parcial para administração da carga é o que apresenta a maior eficiência em custos. Neste processo de nivelamento, o *chiller* funciona continuamente. Assim, será formado gelo durante a noite e durante o dia fará a refrigeração diretamente com a ajuda do frio armazenado. O aumento das horas de operação de 14 para 24 horas, resulta na carga média mais baixa possível (750 TON-HORA / 24 Horas) igual a 31,25 TON, como mostrado na ilustração 37. A demanda de energia será reduzida bem como a capacidade do *chiller*.

Os fluxogramas típicos mostrados nas ilustrações 38 e 39, para sistema de termo acumulação, baseados em (PAVAN, 2004), fornecem o ciclo de refrigeração de formação de gelo e de descarga de gelo, utilizando dados de instaladores de sistema de termoacumulação.

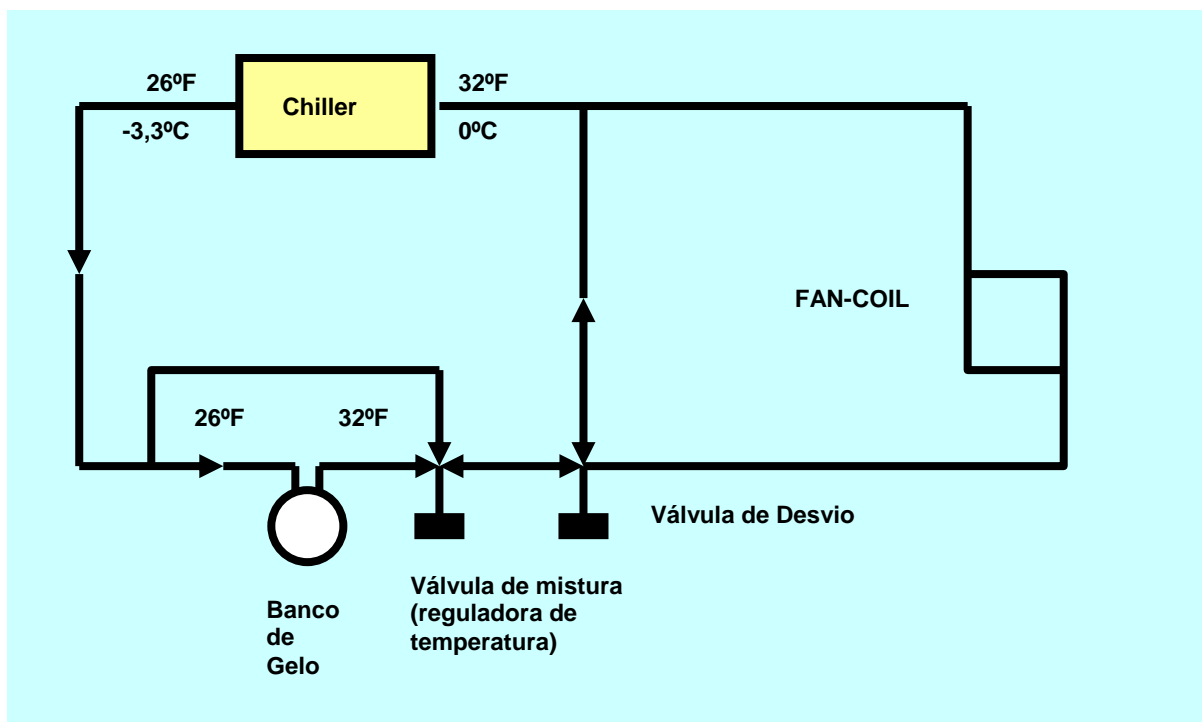


Ilustração 38 – Ciclo de formação de gelo
Fonte: Termoacumulação: gelo ou água (PAVAN, 2004)

Durante a noite uma solução de água e fluido circula através do *chiller* e do banco de gelo, efetuando uma ponte (*by-pass*) no *fan-coil*. Como, a mistura apresenta

temperatura de 26°F (-3,3°C) há o congelamento da água do tanque, visto na ilustração 38.

À noite, enquanto o gelo está sendo produzido, o *chiller* deve esfriar a mistura a 26°F (3,3°C), ao invés de produzir água gelada a 44°F ou 45°F (6,7°C ou 7,2°C), muito utilizada em sistemas convencionais de ar condicionado. Nos sistemas convencionais, a eficiência do compressor é levemente reduzida em função das temperaturas noturnas serem mais baixas, do ar da torre de resfriamento, o que ajuda a manter uma eficiência do conjunto. *Chillers* resfriados a ar, também auferem vantagem das temperaturas noturnas, mais baixas do ar externo.

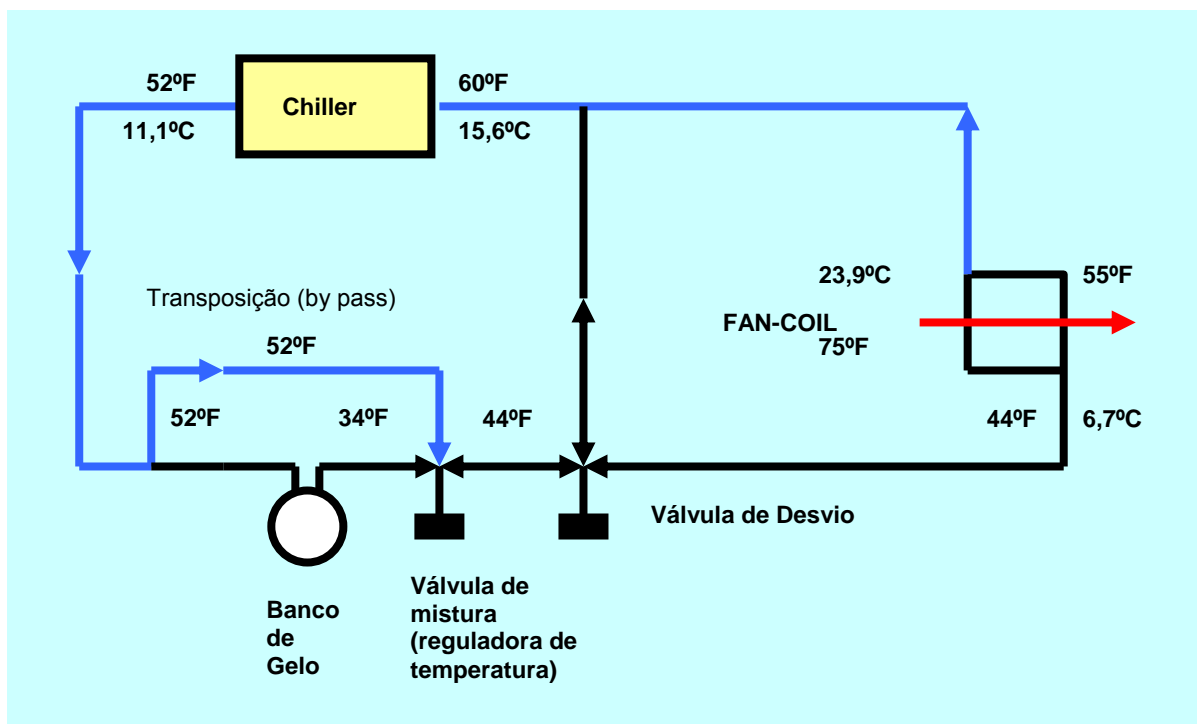


Ilustração 39 – Ciclo de descarga de gelo

Fonte: Termoacumulação: gelo ou água (PAVAN, 2004)

Durante o dia, a solução é resfriada pelo banco de gelo, da temperatura de 52°F (11,1°C) para 34°F (1,1°C) conforme mostrado na ilustração 39. Uma válvula de mistura, com temperatura ajustada em 44°F é ligada a um *by-pass* do banco de gelo e permite que uma quantidade suficiente de fluido a 52°F efetue transposição (*by-pass*) do banco de gelo e misture-se com o fluido a 34°F, obtendo assim a temperatura ajustada de ar de 75°F (23,9°C) para 55°F (12,8°C). Esta temperatura volta ao *chiller* onde é resfriado a 52°F retornando ao banco de gelo para novo ciclo.

A válvula de mistura reguladora de temperatura, no circuito de *by-pass* do banco de gelo, tem a vantagem adicional de proporcionar um controle ilimitado da capacidade. No inverno, durante muitos dias de temperatura externa moderada ou baixa, o *chiller* será capaz de prover toda capacidade necessária para condicionamento do ar para a instalação, sem ajuda do frio armazenado. Quando a carga real de refrigeração é igual ou menor que a capacidade do *chiller*, todo o fluido passa através do *by-pass*.

O sistema de ar condicionado por banco de gelo, utiliza o gelo como meio de armazenamento de frio e não a água. Assim, um (1) kg de gelo pode armazenar aproximadamente 80 kcal de frio, enquanto que, um (1) litro de água em tanque estratificado armazena somente 6,0 a 8,0 kcal. Desta maneira, sistema de banco de gelo irá necessitar de menor espaço para armazenagem de frio, uma importante vantagem em aplicações de instalações onde o espaço normalmente é escasso para a Arquitetura. Como o gelo é um isolante térmico, o congelamento total resulta em uma auto-isolação e as fugas térmicas são extremamente baixas (tais como ocorrem nos *Igloo* dos esquimós). O gelo não requer controle de espessura e não há risco de danos ao equipamento pela expansão volumétrica.

3.4.4 Sistema de Condicionamento de Ar

O sistema de condicionamento de ar das áreas internas da edificação é normalmente realizado através da distribuição de *fan-coils*, instalados nos pavimentos, realizando o insulamento de ar. A distribuição do ar pode ser feita pelo forro ou também pelo piso elevado, chamado de “piso frio”, sistema ainda de pouco uso no Brasil, proporcionando micro-climas controlado individualmente por sistemas de volume de ar variável (VAV) neles distribuídos, em que a difusão do ar é feita por meio de forro metálico com serpentinas.

O sistema de automação e supervisão predial será responsável pelo controle das temperaturas através de *fan-coil* e VAV dos pavimentos. Um medidor de temperatura atua sobre o registro que controla a vazão de ar para cada região que se deseja controlar. Uma característica deste sistema é de que a carga de resfriamento na serpentina é reduzida quando ocorre uma diminuição da carga térmica, uma vez que, a vazão de ar é proporcionalmente reduzida.

3.5 Sistema de Transporte Vertical

O elevador foi o primeiro elemento de automatismo na edificação e quem permitiu a Arquitetura desenvolver a verticalização da edificação. O sistema de elevadores como equipamento para o transporte vertical de pessoas e bens é um componente fundamental no projeto de edifícios e, neste âmbito, a disponibilidade e eficiência do seu serviço deve ser objeto de cuidadosa análise em função de sua influência no desempenho e produtividade das atividades dos usuários do prédio. (GUSTIN, p.1, 1999)

Considerando a importância que têm os sistemas de elevadores nos edifícios em geral, é evidente que seu projeto e operação necessitam de uma modelagem e análise que permitam selecionar alternativas ótimas de projeto e operação de forma a reduzir tempos envolvidos nos deslocamentos de passageiros. (GUSTIN, p.2, 1999)

As exigências em que é considerado menor tempo de locomoção e tempo de espera afetam diretamente o desenvolvimento destes sistemas na época atual. Avanços têm sido alcançados pela pesquisa e desenvolvimento de melhores sistemas de controle (monitoração e acionamento) de automação, entretanto, pouco se encontra em publicações bibliográficas quanto aos métodos de modelagem e análise de sistemas de elevadores integrados a outros sistemas prediais. O sistema elevador é constituído de três elementos principais, a cabine de passageiros, o painel de comando e o sistema de motorização.

3.5.1 Cabine de Passageiros

A cabine para passageiros desloca-se através de um poço, onde as corrediças de cabine, mostradas na ilustração 40, instaladas no extremo inferior e superior na estrutura da cabine, guiam linearmente esta através das guias do poço.

As portas de pavimento isolam a cabine para que esta possa dar garantia e segurança aos passageiros no seu deslocamento. Elas atuam em conjunto com a porta da cabine, que abre e fecha somente quando a cabine atingir uma posição

segura no pavimento, próxima ao nível do andar. A porta de pavimento possui um contato elétrico de fechamento de porta, que por segurança, realiza a confirmação de fechamento de porta através de contato elétrico. O operador de portas, mostrado na ilustração 41, possui um motor elétrico, instalado no extremo superior da cabine, onde, sua função é realizar a abertura e fechamento das portas de pavimento da cabine. O motor do operador de portas é responsável pela geração de força que efetuará a abertura e o fechamento das portas de cabine no pavimento. Instalado na parte inferior da estrutura da cabine, está o freio de segurança, mostrado na ilustração 42, um aparelho que efetua a frenagem da cabine caso ela venha exceder a velocidade máxima definida em projeto. Este dispositivo é acionado pelo regulador de velocidade, mostrado na ilustração 43, situado na casa de máquinas, cuja função é monitorar a velocidade do elevador.

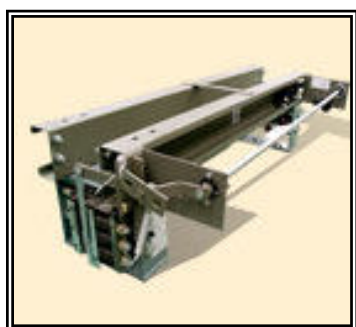


Ilustração 40 – Corrediças de cabine

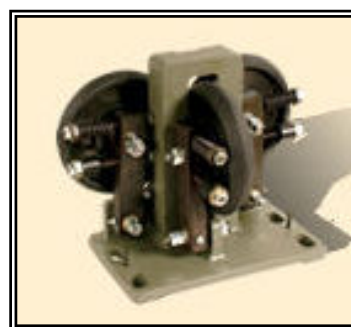


Ilustração 41- Operador de portas

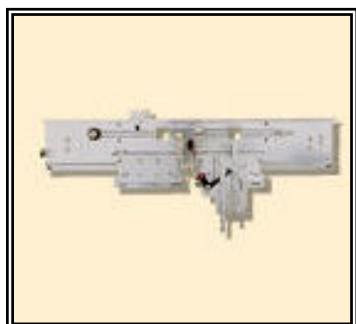


Ilustração 42 - Freio de segurança.



Ilustração 43 - Regulador velocidade.

Fonte: www.thyssenkrupp (Ilustrações 40, 41, 42,43)
Junho – 2007

Ainda na cabine têm-se os seguintes elementos; botões de chamadas, indicadores de andares, indicações de alarmes, botões de fechamento e abertura de portas,

sensores de pavimentos, caixa de comando manual instalada no teto da cabine, para operação de manutenção.

3.5.2 Painel ou Quadro de Comando

É o responsável pelo comando do sistema elevador. Agrupam em seu interior os sistemas de controle e monitoração, sendo o responsável pelo gerenciamento e controle de tráfego do elevador. Geralmente é instalado em um local denominado sala ou casa de máquinas.



Ilustração 44 - Quadro de comando.
Fonte: www.thyssenkrupp Junho 2007



Ilustração 45 - Máquina de tração
Fonte: www.thyssenkrupp Junho 2007

A máquina de tração é responsável pelo movimento do elevador e sustentação do conjunto cabina e contrapeso. Novos sistemas de tração, conhecidos como "Gearless", oferecem a ausência de caixa de engrenagem, como nas máquinas de

tração convencionais, proporcionando menos ruído, maior conforto e fácil manutenção.

3.5.3 Funcionamento Básico do Sistema

A operação básica de um sistema de elevadores pode ser considerada para um passageiro ser transportado do andar “A” ao andar “B”. No andar “A” o passageiro registra uma chamada de andar ao pressionar um botão na botoeira instalada neste pavimento. O controle de grupo registra a chamada sinalizando ao usuário através de um sinal luminoso e seleciona um elevador para servir o passageiro. O usuário pode observar a posição e o movimento do elevador no edifício através de sinalizadores nos andares, e um sinalizador de direção cujo estado é atualizado quando o elevador se movimenta. A sinalização no pavimento é desligada quando a cabine do elevador selecionado alcança o andar da solicitação e as portas são abertas. O passageiro entra registra através de botões de comando, dentro da própria cabine seu destino, isto é, o andar “B”. Imediatamente este registro é devidamente sinalizado para indicar que foi executado pelo “controle de cabine”. As portas se fecham e o elevador se move até o andar “B”. Ao chegar próximo ao andar “B” o elevador reduz a velocidade, pára e abre as portas para que o passageiro desembarque. (GUSTIN, p.19, 1999)

3.5.4 Controle do Sistema

O controle pode ser considerado como um sistema a eventos discretos que pode ser decomposto nos seguintes dispositivos conforme mostrado na tabela 1.

O controle de grupo é o controle utilizado para grupos de elevadores que operem em conjunto e que tenham a mesma destinação de uso. O controle, além de efetuar a seleção de chamadas para subida e/ou descida, seleciona através do uso de estratégias de controle qual elevador, de maneira eficiente e de acordo com um padrão de tráfego específico, deve atender a determinadas chamadas e andar.

Estes sistemas são indicados sempre visando o melhor rendimento para fluxo de usuários. Além disso, estes controles têm flexibilidade para adaptarem-se às mais variadas situações de tráfego.

Tabela 1 - Dispositivos utilizados nos controles de sistemas de elevadores
 Fonte: GUSTIN, p.20,1999

CLASSIFICAÇÃO	DISPOSITIVOS
Dispositivo de Comando	Botoeiras na cabine e nos andares.
Dispositivo de Atuação	Motor da cabine e atuadores de portas.
Dispositivos de Detecção	Detetores de posição, da cabine, fotocélulas.
Dispositivo de Realização	Controlador lógico programável.
Dispositivo de Monitoração	Sinalizadores de direção e posição, alarmes sonoros.

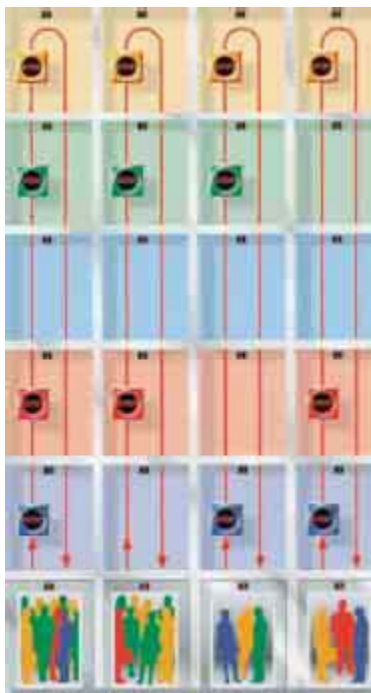
3.5.5 Gerenciamento de Tráfego

Nas edificações verticalizadas o gerenciamento de tráfego de pessoas é um dos maiores desafios para os modernos empreendimentos comerciais. O grande número de passageiros e seus diferentes destinos sobrecarregam o fluxo das viagens dos elevadores, que são agravados em determinados horários, tais como, chegada ao edifício, almoço e horário de saída no término do trabalho.

Os elevadores hoje em dia são meios de transporte inteligentes, controlados sistematicamente com dispositivos dedicados. Nos sistemas convencionais sem um gerenciamento de tráfego adequado, o consumo de energia elétrica com o uso de elevadores, gera um custo elevado à administração do edifício.

Um sistema dedicado, instalado na entrada do *hall* de elevadores da edificação, irá permitir que os passageiros digitem antecipadamente o andar a que se destinam. O sistema dedicado interage imediatamente, assim, os passageiros são informados pelo sistema quais carros devem aguardar. Esta indicação é efetuada por uma placa indicativa acima da porta da cabine do carro que o usuário de utilizar. (ATLAS SCHINDLER, 2007)

Levando em consideração os andares que devem ser atendidos, o sistema otimiza o número de passageiros nas cabines disponíveis. Ao entrar na cabine, os usuários em um número confortável de pessoas, serão avisados ao verem na coluna da porta da cabine, o número de seu andar de destino acesso.

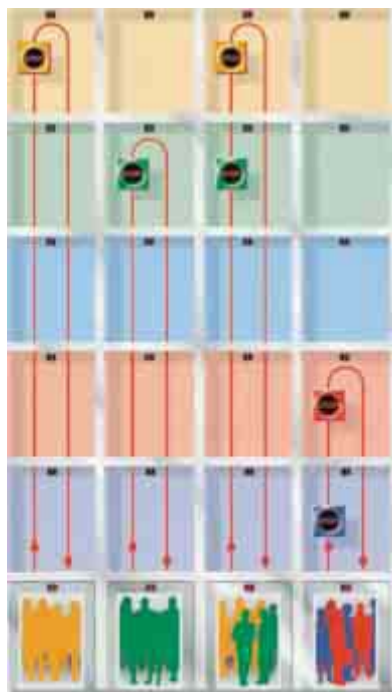


Carro A	Carro B	Carro C	Carro D
10 Pass.	6 Pass.	3 Pass.	3 Pass.
4 Paradas	3 Paradas	3 paradas	3 Paradas

Ilustração 46 - Sistema de tráfego convencional
 Fonte: Atlas Schindler - Sistema Miconic 10 – Maio 2007

Este sistema garante um menor tempo de viagem, proporcionando um perfeito equilíbrio na utilização dos elevadores, evitando que algumas cabines estejam lotadas e outras vazias, assim, é possível a distribuição inteligente de passageiros no hall do edifício criando grupos de usuários que farão o deslocamento para os mesmos andares ou regiões próximas. Este sistema através de uma programação lógica racionaliza o tráfego dos elevadores no edifício, pois, o conhecimento prévio do destino de cada passageiro antes da chegada do elevador, indica ao usuário o carro mais apropriado planejando o tráfego das pessoas nos elevadores.

A redução de tempo de viagem de passageiro pode alcançar até 30% em horários determinados como de “rush”, quando comparado com os controles convencionais. Isto elimina a aglomeração de pessoas durante períodos de tráfego intenso na edificação, evitando competição entre os passageiros, pelo primeiro carro disponível.



Carro A	Carro B	Carro C	Carro D
5 Pass.	6 Pass.	6 Pass.	5 Pass.
1 Parada	1 Parada	2 Paradas	2 Paradas

Ilustração 47 - Sistema de tráfego inteligente

Fonte: Atlas Schindler - Sistema Miconic 10 – Maio 2007

No sistema dedicado, 22 pessoas chamam elevadores em um período de alguns segundos, para irem do térreo a uma série de andares que lhe são convenientes. Com o controle de tráfego convencional, os 10 primeiros passageiros que chegaram primeiro e estão em uma fila, ocupam a cabine do primeiro carro disponível.

Os próximos oitos passageiros utilizam o segundo carro, e os restantes, ocupam os demais carros, como mostrado na ilustração 46. Como, não há um planejamento de tráfego eficiente cada carro terá destinos múltiplos e aleatórios. Sendo assim, as viagens serão mais demoradas e certos passageiros sofrerão pela super lotação do carro, e teremos um consumo maior de energia elétrica. (ATLAS SCHINDLER, 2007)

No sistema inteligente a lotação confortável por cada elevador é no máximo de 6 passageiros e que o 4º e 5º pavimentos tiveram maiores quantidades de registro para paradas. O sistema dirige os 6 passageiros que se destinam a cada um dos andares mais requisitados para carros individualmente designados e distribui racionalmente os demais, conforme mostrado na ilustração 47. Como resultado final, o sistema garante a todos os passageiros uma viagem direta ou com o mínimo de paradas possível, sem apresentar problemas de superlotação, garantindo uma viagem rápida e sem grande consumo de energia elétrica. (ATLAS SCHINDLER, 2007)



Ilustração 48 - Seleção do andar pelo passageiro antes de entrar no hall elevador.

Fonte: Atlas Schindler – Maio 2007



Ilustração 49 – Carro selecionado para o passageiro no hall de elevador.

Fonte: Atlas Schindler – Maio 2007

É possível ser observado que com o uso de controle convencional de elevadores em edificações verticalizadas, todas as entradas nos carros devem permitir a visibilidade e ser acessível em qualquer ponto da área de embarque. Isto influencia no *layout* e limita o projeto arquitetônico. Se o sistema faz com que cada passageiro considere apenas um elevador, isto é, não há necessidade de visualizar todos simultaneamente, há maior flexibilidade para o arquiteto na elaboração do projeto e mais liberdade para explorar o ambiente como elemento de integração no edifício.

3.5.6 Controle de Tráfego

Nas edificações em que são integralizadas garagens para guarda de veículos, o local de entrega e retirada do veículo pode requerer que a pessoa utilize elevador para alcançar a portaria principal da edificação, para ter acesso externo à edificação ou, dirigir-se ao controle de acesso para a identificação e ser liberado ao local desejado.

Para estas situações, pode ser utilizado o controle de tráfego, através de um sistema de biometria. A biometria (do grego Bios = vida, metron = medida) é o uso de características biológicas em mecanismos de identificação. Entre essas características tem-se a íris (parte colorida do olho), a retina (membrana interna do globo ocular), a impressão digital, a voz, o formato do rosto e a geometria da mão. Desta forma, a biometria é um método automatizado de reconhecimento pessoal baseado em características fisiológicas ou comportamentais. O reconhecimento é totalmente pessoal e intransferível. Utilizando um dos seguintes sistemas; óptica, que faz uso de um feixe de luz para ler a impressão digital; capacitiva, que mede a temperatura que sai da impressão; e ultra-sônica que mapeia a impressão digital através de sinais sonoros, constituído por um sensor, é efetuado o reconhecimento de impressões digitais de uma pessoa. Este reconhecimento é gerenciado por um *software* que cadastra também informações necessárias que permitirão o acesso à edificação, conforme mostrado na ilustração 50.

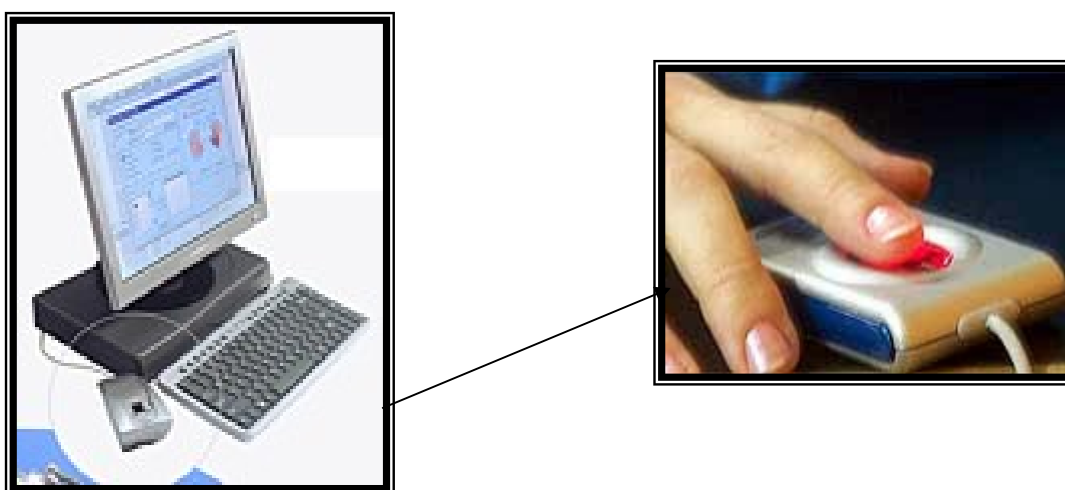


Ilustração 50 – Sistema de gerenciamento de biometria digital.

Fonte: TriX Tecnologia Digital Ltda/ ThyssenKrupp Elevadores – junho 2007

A identificação através do uso da impressão digital está no mapeamento feito pelos sulcos na pele dos dedos da mão de qualquer pessoa onde, essas terminações geram uma matriz de coordenadas, a qual, através de um processo de algoritmo matemático irá produzir um modelo do dedo. Este modelo é então armazenado na base de dados do sistema gerencial de identificação, no momento de cadastramento da pessoa. Assim, posteriormente, ele será comparado ao modelo coletado e armazenado sempre que vier ocorrer uma operação de reconhecimento. (THYSSEN, 2006)

Este mapeamento, gerenciado pelo *software*, é enviado ao grupo de elevador ao qual o usuário irá utilizar. Como, foi informado anteriormente ao sistema, pelo usuário, o andar que pretende ir, na cabine do elevador há um sensor de leitura biométrica, conforme mostrado na ilustração 51 que irá identificar o usuário permitindo selecionar o andar e dar partida no sistema de transporte.

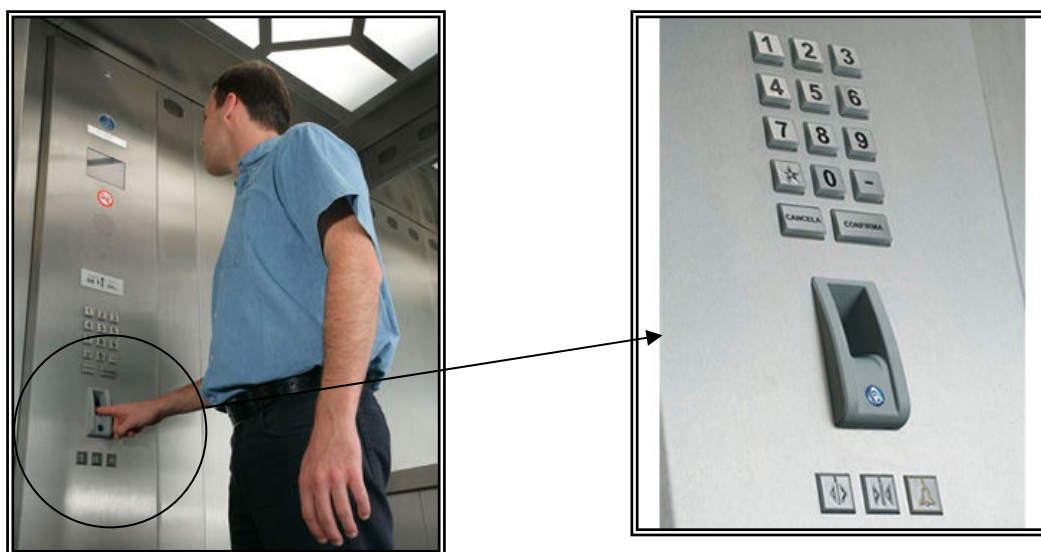


Ilustração 51 – Sistema de Biometria na cabine do elevador
Fonte: ThyssenKrupp Elevadores – junho 2007

A Praticidade e o conforto se aliam à segurança patrimonial em um elevador que reconhece o usuário anteriormente, dando acesso restrito apenas para pessoas autorizadas. A porta da cabine possui uma cortina luminosa que emite feixes de luz infravermelha, de maneira que a interrupção deste feixe de luz provoca a abertura da porta não permitindo que o motor de acionamento da cabine seja energizado.

3.6 Sistemas de Iluminação com Eficiência Energética

3.6.1 Comportamento Energético

No Brasil uma desvinculação entre arquitetura e clima é verificada a partir da década de 50. O crescimento urbano e as características da edificação e da arquitetura evidenciam uma cultura do habitat vinculada às regras de concepção produtiva da vida e a indiferença com relação aos recursos naturais e ao ecossistema, deixando transparecer que todo o sistema encontrava-se embasado na idéia de que os recursos tecnológicos e materiais à disposição eram inesgotáveis ou ilimitados. (ALVES, p.33, 2003)

Esta visão foi mudada pela tomada de consciência da limitação dos recursos naturais e de fontes energéticas tradicionais. Assim, o parâmetro energético se introduz no processo de projeto de edificações como um novo parâmetro a ser integrado ao projeto. O despertar de uma consciência ecológica, a partir da crise do petróleo na década de 70, que estimula a preservação e o melhor uso de recursos naturais, além da grande preocupação com o uso racional da energia, fez com que se voltasse a pensar no uso regular da luz natural na arquitetura, pois, a maioria dos projetos de iluminação feitos por especialistas, somente incorporava a iluminação natural quando era desejado efeito especial.

A arquitetura havia feito grande utilização do concreto e principalmente dos grandes panos de vidros em climas tropicais como o Brasil (ALVES, p.33, 2003). A decisão de racionalizar o uso da energia na arquitetura vai influenciar todas as etapas do projeto (ORSTEIN & ROMÉRO, 1992).

O problema mais crítico aparece nos prédios de escritórios climatizados artificialmente, com iluminação artificial, que em média chegam a consumir mais energia que a necessária para sua produção (MASCARÓ & MASCARÓ, 1992).

Eficiência energética em edificações é o termo utilizado para definir alterações em sistemas consumidores de energia elétrica visando à conservação da energia.

Para Ghissi (p.3, 1997) os sistemas energeticamente eficientes, quando não entendidos adequadamente podem parecer caros e causar a impressão de proporcionar condições de trabalho luxuosas. Na realidade, sistemas energeticamente eficientes devem ser considerados como investimentos com retorno financeiro garantido em virtude do seu considerável potencial econômico.

3.6.2 Disponibilidade de Luz Natural

Um dos requisitos básicos da eficiência energética é garantir uma mesma quantidade e qualidade de iluminação para ambos os sistemas, artificial e natural. Quando os níveis de iluminação são altos, torna-se difícil e custoso equilibrar a iluminação natural com a artificial. É possível admitir que esse maior nível de iluminação artificial exigido, significará um incremento nos custos de uso, que nem sempre poderão ser assumidos, por causa dos consumos indevidos de energia operante.

Segundo Gluglielmetti (2002, p.32), o nível de aclaramento especificado para realizar uma tarefa visual é um dos fatores que contribuem para uma visão adequada. Entretanto, a melhoria da visão, com o aumento do nível de aclaramento, não é ilimitada. As características do olho humano marcam limites no que diz respeito à acuidade visual, com qualquer iluminação, sendo 300 lux suficientes para se atingir esse limite teórico. O aumento dos níveis de aclaramento de 300 para 1600 lux só amplia a acuidade visual humana entre 3 a 4%.

A luz do sol fornece de 60 a 100 klux de iluminância no plano horizontal (10 a 15 vezes maior que a luz proporcionada por céu encoberto) de acordo com Souza (p.19,2003). Essa luz, além de apresentar alta eficiência luminosa e abundante durante a maior parte do horário de trabalho e ao longo do ano, apresenta excelente reprodução de cores de luz, assim, conduz seu aproveitamento como fonte de luz participativa na iluminação para ambientes internos onde seja utilizada.

De acordo com Gluglielmetti (2002, p.32), a iluminância excessiva que provêm da luz solar direta, assim como outros aspectos climáticos podem ser motivos de desconforto. Esses efeitos podem ser controlados e/ou regulados por meio de elementos fixos ou móveis, exteriores e interiores, denominados fatores de sombra.

Os elementos exteriores de controle de luz mais frequentemente utilizados são os brise (*Brise – soleil*). São utilizados como defesa da luz solar direta no caso de brises, para contribuir na iluminação interior, refletindo, pela sua posição, a luz do sol que é levada, então para um ponto de incidência mais adequado.

Hoje, há grande preocupação a nível mundial, quanto à demasiada utilização da iluminação artificial, a qual vem ao longo do tempo participando cada vez mais na geração do elevado custo de produção de energia elétrica. É necessário, cada vez mais, que se pense em otimizar o uso da iluminação natural nos ambientes construídos, proporcionando assim adequado nível de satisfação e bem estar dos usuários das edificações. Uma melhor utilização do potencial de iluminação natural e artificial não significa simplesmente economia de energia elétrica, mas uma utilização mais racional da mesma, com possibilidades de dimensionamento adequado para iluminação de ambientes. (SOUZA, 2003)

A luz natural é um recurso abundante em nosso país, apesar de ainda não ser devidamente mesurada ou quantificada. Apesar desta deficiência, as poucas medições não sistematizadas existentes no país nos revelam que este potencial é muito mais extenso do que contam os países cuja normatização na área é mais avançada e a utilização da luz natural muito mais extensa.

No Brasil, onde um céu claro pode apresentar iluminância em plano horizontal desobstruído na ordem de 100.000 lux, durante grande parte do ano, é possível de obterem-se altos valores de iluminância externa, conforme dados normais de nebulosidade de 1962 a 1990 do Departamento Nacional de Meteorologia, altos níveis de iluminação se devem à ocorrência predominante de céus claros e parcialmente encobertos no território nacional (SOUZA,1997 *apud* ALVES, p.48, 2003).

Esta abundância de luz torna ainda mais estranha à não apropriação deste recurso na grande maioria de nossas edificações, porém, a luz natural nem sempre está disponível durante todo o período de trabalho ou para utilização no desenvolvimento de tarefas visuais, por apresentar condições de céu com luminosidade insuficiente

para promover uma boa iluminação interna dos ambientes, sendo neste caso, o uso de iluminação complementar a artificial.

3.6.3 Integração da Iluminação no Consumo Energético

A iluminação é um dos grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica em edificações. Por ser um dos responsáveis pelo consumo de energia elétrica, a iluminação é a que permite maior facilidade de redução de consumo frente ao forte desenvolvimento tecnológico dos componentes utilizados nos sistemas de iluminação, verificados nos últimos anos. (GHISSI, p.22, 1997)

O Balanço Energético Nacional (BEN), ano base 2005, elaborado pelo Ministério das Minas e Energia, apresenta a composição setorial de consumo de energia elétrica na seguinte proporção; residencial 22,2%, comercial 14,3% e público 8,7%, onde o setor de edifícios é responsável por 45,2%, excluindo-se o setor industrial, transporte e agropecuário. O Estado de São Paulo é o maior consumidor de energia do país com 31,76% de todo o consumo brasileiro. Foram 26.430 GWh em 2005, o que corresponde a 2,57 vezes mais que o Estado do Rio de Janeiro, segundo Estado brasileiro em consumo com 10.246 GWh.

Segundo CADDET (1995) *apud* Ghisi (1997, p.23), a potência instalada em edifícios comerciais varia geralmente de 20 a 30 W/m², mas o estado da arte de sistemas de iluminação indica que pode funcionar adequadamente usando de 10 a 15 W/m².

Um valor definido para a potência instalada em edifícios comerciais é uma tendência mundial, já adotada em diversos países. Segundo ASHRAE/IESNA (1989) *apud* Ghisi (1997, p.24) estabelece condições de aspectos técnicos para o sistema de iluminação nos Estados Unidos da América, definindo não somente por sua potência por metro quadrado, mas também pela forma de controle do sistema, exigindo controles adicionais para usos especiais da iluminação, como para iluminação de tarefa. A iluminação deve atender as exigências do usuário apenas nos momentos em que realiza a tarefa visual, o que corresponde ao período de ocupação no ambiente construído. Assim, a eficiência energética do sistema de iluminação irá representar a capacidade de transformação da menor quantidade de energia possível para que possa ser gerada a máxima quantidade de trabalho possível. A

adoção de tecnologias energeticamente eficientes, sob hipótese alguma, não deve prejudicar a satisfação do usuário e seu conforto, atendendo também ao perfeito desenvolvimento da tarefa visual.

O tempo de utilização do sistema de iluminação e a respectiva potência instalada desse sistema caracterizam as duas variáveis para minimização do consumo de energia, permitindo assim, que este possa ser energeticamente eficiente. Em um edifício, o sistema de iluminação é parte integrante do mesmo. A iluminação artificial contribui para o ganho de calor interno da área edificada. De acordo com CADDET (1995) *apud* Ghisi (1999), a carga de aquecimento gerada por 2 kW de iluminação em um edifício deve ser compensada por 1 kW extra de energia elétrica para o ar condicionado. Para IESNA (2000), o calor gerado pelo sistema de iluminação artificial é responsável por 15 a 20% da carga total de refrigeração do edifício.

Pelo lado da atuação do arquiteto sob a ótica de ponto de vista, o setor de comércio é aquele que oferece as maiores possibilidades de intervenção visando à redução do consumo de energia. O consumo energético do setor é em sua maior parte devido à iluminação artificial e ao condicionamento ambiental, estando estas duas variáveis ligadas estreitamente à concepção arquitetônica da edificação. (ALVES, 2003)

3.6.4 Iluminação de Interiores

Os escritórios correspondem o local de trabalho onde os seres humanos passam grande parte do tempo do dia. Desta maneira, o interior destes ambientes deve apresentar condições agradáveis, estimulantes e confortáveis para quem ali vá permanecer principalmente no que se refere à iluminação. Como, as pessoas serão expostas a este mesmo ambiente por períodos de tempo longo, a cor do ambiente também pode afetar o desempenho do ser humano, mesmo sem que se tome consciência deste efeito. Assim, o efeito visual criado em um escritório depende da variação de cor de acabamento utilizada bem como da luminância percebida no ambiente.

Como a cor é uma característica pela qual o observador distingue padrões de luz, e luz é uma forma de energia radiante, visivelmente avaliada. Medidas de energia

radiante são da ordem física, enquanto a avaliação desta pela percepção humana é da ordem fisiológica. Na Arquitetura, através da concepção e da organização de espaços, o uso das cores destaca-se como importante complemento ambiental e de satisfação. De acordo com Lacy (1989), a cor está muito ligada aos nossos sentimentos, ajudando em nossas atividades e influenciando em nossa sociabilidade, a cor verde quando em tom claro transmite sensação de paz e bem estar, sugerindo tranqüilidade, enquanto em tons escuros tendem a deprimir. Assim, as cores de acabamento podem ser usadas para tornar mais agradáveis os ambientes de trabalho ou amenizar condições menos favoráveis, como a monotonia de certas tarefas.

Ghisi (1997) chama atenção para que nos escritórios modernos, o uso de microcomputadores no ambiente de trabalho deve exigir especial atenção do sistema de iluminação, pois este terá que controlar o ofuscamento direto, assim como, o ofuscamento refletido pela tela do monitor do computador, hoje já quase não tão influente, pelo uso da tecnologia do LCD (*liquid crystal display*) tela de cristal líquido. Mas mesmo assim, o uso de divisórias por trás da tela do monitor irá aliviar reflexões no vídeo.

O ofuscamento refletido é freqüentemente mais incômodo do que o ofuscamento direto, pelo fato de estar perto da linha de visão que os olhos não podem evitá-lo. Segundo Neto (1980) *apud* Ghisi (1997) a retina do olho humano apresenta sensibilidade em um círculo de 30° tomados a partir do eixo ótico, assim, deve-se evitar que a fonte de luz seja posicionada de forma que a direção desta com a linha horizontal da visão apresentem ângulo de 30°, pois desta maneira, estaremos evitando ofuscamento.

A luminância, a cor de fundo da tarefa em relação à luminância e a cor de acabamento do ambiente, proporcionam o conforto visual, de maneira que, para uma boa visibilidade torna-se necessário um grande fator de contraste entre o detalhe e os arredores imediatos.

As taxas de luminâncias sugeridas por IESNA (2000), para evitar a dificuldade de adaptação do olho humano e ocorrências de ofuscamento apresentam relações entre luminâncias conforme mostrado nas tabelas 2 e 3 a seguir.

Tabela 2 - Taxas de luminâncias para escritórios
Fonte: IESNA (2000)

Relação entre superfícies	Relação entre luminárias
Entre tarefa e monitores de vídeo	3:1 ou 1:3
Entre tarefa e o entorno próximo	3:1 ou 1:3
Entre a tarefa e as superfícies afastadas	10:1 ou 1: 10

Tabela 3 - Luminâncias para local com microcomputador.
Fonte: IESNA (2000)

Ângulo com a vertical (graus)	Luminância média (cd/m ²)	
	Escolhida	Máxima
55	850	-
65	350	850
75	175	350
≥85	175	175

3.6.4.1 Lâmpadas e luminárias

A conversão da energia elétrica em luz visível ao olho humano nos sistemas de iluminação artificial é efetuada através das lâmpadas. A distribuição e o direcionamento desta luz para uma determinada superfície são efetuados através de luminárias.

O crescente interesse na eficiência energética das edificações permitiu um avanço tecnológico nas fontes de luz artificiais, para servirem diferentes usos e aplicações, de forma a atingirem alta eficiência luminosa com manutenção do fluxo luminoso.

A qualidade de cor de uma lâmpada é definida pelas características; temperatura de cor e índice de reprodução de cor.

A temperatura de cor corresponde à característica de uma fonte de luz apresentar uma aparência de cor. Para melhor caracterizar esta aparência da cor, a temperatura da cor é medida em Kelvin (K), de maneira que, a relação temperatura e aparência de cor são mostradas tabela 4, segundo IESNA (2000).

Tabela 4 - Temperatura e Aparência de cor das lâmpadas
Fonte: IESNA (2000)

Temperatura de Cor (K)	Aparência de Cor
> 4000	Fria (branca azulada)
3000 - 4000	Neutra (branca)
< 3000	Quente (amarelo avermelhada)

O Índice de Reprodução de Cores (IRC) indica a capacidade que uma fonte luminosa tem de reproduzir fielmente a cor do objeto por ela iluminado em relação a uma fonte luminosa escolhida como padrão. A luz artificial não pode alterar a percepção que temos das pessoas e dos objetos. O IRC varia de zero a 100, e, quanto maior esse índice, maior será a fidelidade das cores.

A vida mediana nominal (horas) de uma lâmpada corresponde ao valor nos quais 50% das lâmpadas ensaiadas se mantêm acesas sob condições controladas em laboratório. Esta vida não é necessariamente a vida em serviço, já que flutuações de voltagem e outras influências ambientais podem resultar em um encurtamento da vida média. A vida útil indicada pelo fabricante (100%) é obtida realizando-se um ciclo de chaveamento, onde liga-se e desliga-se a lâmpada baseado na norma IEC :

165 minutos (ligada)

15 minutos (desligada)

No caso de um dia de 24 h, observa-se que este ciclo pode se repetir 8 vezes.

As lâmpadas fluorescentes são as mais utilizadas na iluminação interna em edificações comerciais. A evolução desta fonte luz vem a partir de seu diâmetro, inicialmente com 38 mm (T12), alterado na década de 80 para os tubos de diâmetro de 26 mm (T8), posteriormente passando para os tubos de 16 mm (T5) e chegando aos tubos de 7mm (T2) segundo o fabricante Osram.

A tabela 5 fornece as características das lâmpadas fluorescentes tubulares, apresentando a evolução desta tecnologia na iluminação e na eficiência energética nas edificações.

Tabela 5 - Características de lâmpadas fluorescentes tubulares.
Fonte: OSRAM

P(W)	T(diam)	Φ (lm)	K	IRC	Vu(h)	L(mm)
40	12	2700	5250	70 - 79	7500	1200
40	12	2500	6700	70 - 79	7500	1200
36	8	2500	6500	70 - 79	7500	1200
36	8	3350	4000	80 - 89	7500	1200
36	8	2250	4000	90 - 100	7500	1200
32	8	2350	4000	80 - 89	7500	1200
32	8	2700	4000	80 - 89	7500	1200
32	8	2800	3000	80 - 89	7500	1200
28	5	2400	6500	80 - 89	18000	1149
28	5	2600	4000	80 - 89	18000	1149
28	5	2600	3000	80 - 80	18000	1149
35	5	3050	6500	80 - 89	18000	1149
35	5	3300	4000	80 - 89	18000	1149
35	5	3300	3000	80 - 89	18000	1149
13	2	930	4000	70 - 79	6000	523

Legenda

P – Potência nominal (Watts)

T - Modelo equivalente ao diâmetro do tubo (mm)

Φ – Fluxo luminoso nominal (lumem)

K – Temperatura de cor (Kelvin)

IRC – Índice de reprodução de cores

Vu – Vida útil da lâmpada (horas)

L – Comprimento da lâmpada (mm)

A eficiência luminosa máxima e os tempos de vida para as lâmpadas fluorescentes mostradas na tabela 5 podem ser verificados nos gráficos apresentados nas ilustrações 52 e 53 abaixo, onde as lâmpadas de diâmetro T5 são as que apresentam melhor desempenho energético.

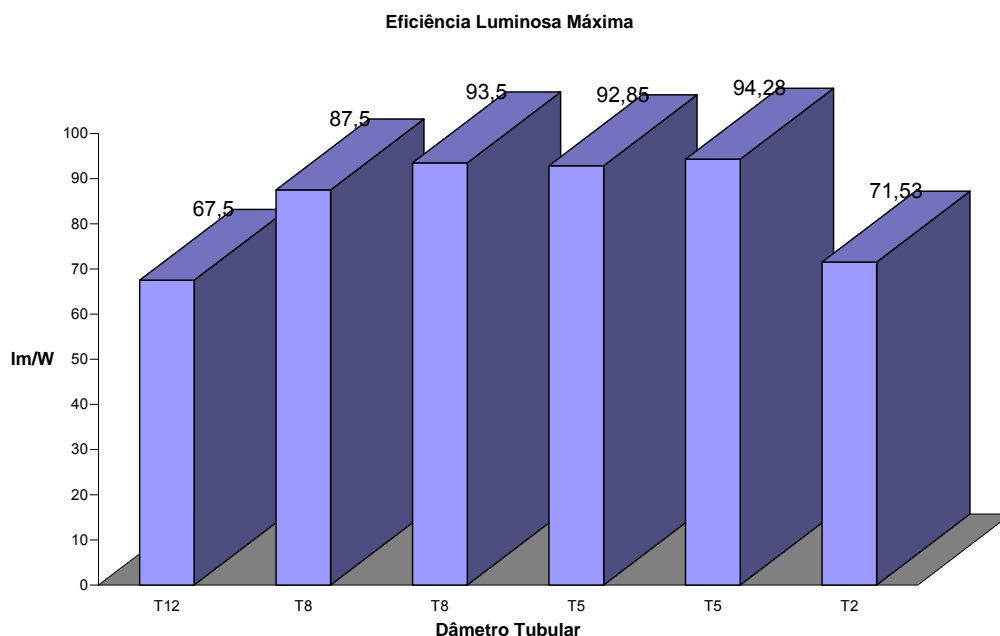


Ilustração 52 – Eficiência luminosa máxima de lâmpadas fluorescentes tubulares
Fonte: Concepção do autor

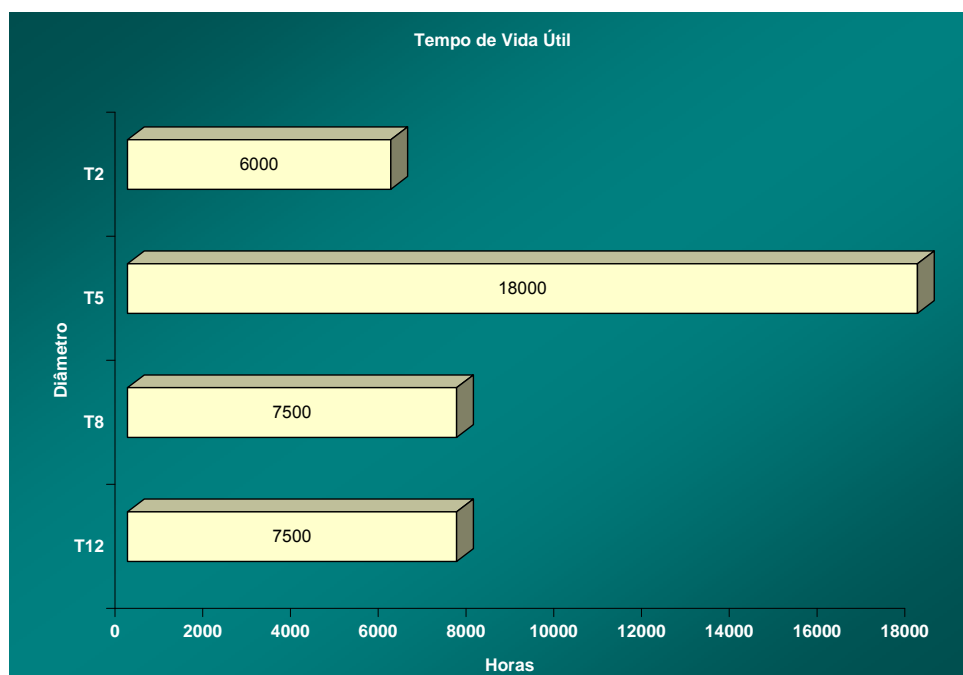


Ilustração 53 – Tempo de vida útil de lâmpadas fluorescentes tubulares
Fonte: Concepção do autor

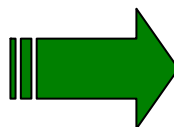
Tomando-se as lâmpadas de diâmetro T12 versus T5 para verificação de consumo anual de energia elétrica e utilizando-se duas lâmpadas permanentemente energizadas, durante 12h por dia, em mês de 26 dias, durante 12 meses no ano, teremos:

T12 : 40W : 2700 lm : 5250 K

C = 299,52 kWh

T5 : 35W : 3300 lm : 4000 K

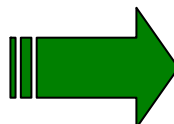
C = 262,08 kWh



Redução: 12,5%

T5 : 28W : 2600 lm : 4000 K

C = 209,66 kWh



Redução: 30%

A temperatura de cor não será afetada, o fluxo luminoso é compensado, haverá um ganho no índice de reprodução de cor, no tempo de vida útil das lâmpadas T5, e significativa redução no consumo de energia elétrica. Verifica-se que não só para os novos empreendimentos, mas também para reabilitação de sistemas de iluminação existentes, em edificações mais antigas, a tecnologia das lâmpadas T5 apresenta um desenvolvimento tecnológico que permite uma melhora significativa na eficiência energética da instalação.

A eficiência de uma luminária é definida como a relação entre o fluxo luminoso por ela emitido e o fluxo luminoso emitido pela lâmpada instalada, onde o valor encontrado varia em função do tipo de luminária, sua construção física e a finalidade a que se destina. Quanto maior a eficiência, menor será a quantidade de lâmpadas necessárias para conseguir a iluminância necessária e, portanto, mais econômico será o sistema adotado. Como, a lâmpada é instalada no interior da luminária, o fluxo luminoso final que se apresenta é menor do que o irradiado pela lâmpada, devido à absorção, à reflexão e à transmissão da luz pelos materiais utilizados em sua confecção.

3.6.2.4 Reatores para Lâmpadas Fluorescentes

Os reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes, grandes e pesados, que funcionam em frequência de 60 Hertz, vêm sendo substituídos pelos modelos eletrônicos, que economizam energia e têm menor carga térmica.

Os reatores eletrônicos surgidos comercialmente em meados da década de 80, apresentam-se como o que há de mais modernos em termos de reatores para lâmpadas fluorescentes, trabalham em frequência de 20 kHz a 50 kHz, evitando a intermitência conhecida como cintilação, o efeito estroboscópico, responsáveis pelo cansaço visual e ausência de ruído.

Os reatores eletrônicos são classificados em reatores de baixo desempenho e reatores de alto desempenho.

Os reatores eletrônicos de baixo desempenho são conhecidos popularmente como “acendedores eletrônicos”, ou seja, servem para energizar as lâmpadas fluorescentes impondo harmônicos na corrente elétrica. Normalmente são mais baratos, apresentam baixo fator de potência, podendo em certas circunstâncias apresentarem alto fator de potência.

Os reatores eletrônicos de alto desempenho são equipados com filtros de harmônicos, proteção contra sobretensão, sobrecorrente e alto fator de potência, desta forma, evitam interferências no sistema elétrico e são indicados para instalações comerciais.

Surgidos comercialmente em meados dos anos 80, são o que há de mais moderno em termos de reatores para lâmpadas de descarga de baixa pressão (fluorescente). No Brasil, o desenvolvimento de reatores eletrônicos nacionais para lâmpadas fluorescentes, iniciou de forma pioneira, em 1985.

Os reatores eletrônicos apresentam inúmeras vantagens em relação aos eletromagnéticos:

- São mais compactos
- São mais leves

- Melhoram a vida útil das lâmpadas
- Eliminam o efeito estroboscópico e de cintilação
- Consomem menos energia elétrica

Apresentam versões diferenciadas quanto à partida, podendo ser de partida rápida ou programada e partida instantânea.

No reator de partida rápida ou programada, há o controle eletrônico do sistema de pré-aquecimento dos eletrodos da lâmpada. O reator gera uma pequena voltagem em cada eletrodo e, em seguida, uma voltagem de circuito aberto entre os extremos da lâmpada. O tempo entre a energização do reator e o acendimento da lâmpada fluorescente ocorre em torno de 1 a 2,5 segundos.

No reator de partida instantânea não há o pré-aquecimento dos eletrodos da lâmpada. O reator gera diretamente a tensão de circuito aberto para o acendimento instantâneo das lâmpadas fluorescentes. Independente do tipo de partida, o reator deve assegurar as características necessárias para o correto funcionamento da lâmpada, sem comprometer sua vida útil ou mediana.

Suas características principais são:

- Trabalham em alta frequência, eliminando efeito estroboscópico e cintilações
- Apresentam baixa carga térmica, que resulta em economia de energia
- Melhoram a vida útil da lâmpada em até 50%
- Economizam energia elétrica em até 50%

Por serem equipamentos eletrônicos de alta frequência, podem causar interferências que vão desde ruídos nas telecomunicações ou estremeamento de imagem em vídeos, até o colapso de sistemas de computadores, entre inúmeros outros, caso não possuam filtros contra estas interferências. Devido a estas condições, os reatores são classificados como reatores de baixo desempenho e reatores de alto desempenho.

Os reatores eletrônicos de baixo desempenho acendem a lâmpada única e exclusivamente, colocando harmônicos na corrente elétrica. Normalmente apresentam baixo fator de potência e reduzem a vida útil da lâmpada. Nesta linha de

reatores existem alguns que apresentam alto fator de potência, o que não deve ser confundido com alto desempenho.

Os reatores eletrônicos de alto desempenho apresentam alto fator de potência, filtros para harmônicos e proteções contra sobretensão, sobrecorrente e condições anormais. Um de seus indicadores de qualidade é a Taxa de Distorção Harmônica - THD, cujo valor deve ser menor que 30% , valor mínimo exigido pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, de maneira que, quanto menor a taxa, melhor o desempenho do reator.

Uma enorme vantagem dos reatores eletrônicos é poderem ser “dimerizáveis” em uma ampla faixa. Este avanço tecnológico permite o controle do nível da iluminância em sistema com lâmpadas fluorescentes – o que era impossível até então. Pode-se conseguir uma economia de energia de até 70% em relação a um sistema com os reatores eletromagnéticos. Os modelos “dimerizáveis” podem ser usados em conjunto com sensores de presença e de movimento, possibilitando a integração a sistemas de controle e gerenciamento inteligentes.

De acordo com FONTE (2007), pesquisas efetuadas pela Philips revelam que 25% da iluminação de escritórios no Brasil esta baseada em sistemas de lâmpadas fluorescentes de potência nominal de 20 W e 40 W. O potencial de economia pode chegar a R\$ 90 milhões por ano em energia através da melhoria dos sistemas existentes por tecnologias com lâmpadas T5 e T8 utilizando reatores “dimerizáveis.” A “dimerização” de reatores apresenta novas possibilidades tecnológicas, dentre elas permitem flexibilização na ambientação de escritórios com mudanças de *layout*, mantendo níveis adequados de iluminância. Os reatores “dimerizáveis” iniciaram com a família de reatores analógicos que operavam com voltagem contínua de 1 – 10 Volts para dimerização, mostrados na ilustração 54. Assim, o fluxo luminoso da lâmpada era controlado e desta maneira havia economia de energia consumida em até 60%. Posteriormente veio a família com interfaces digitais com comunicação por duas vias, utilizando o protocolo DALI – *Digital Addressable Lighting Interface* ou Interface de Iluminação com Endereçamento Digital, onde um circuito assegura o controle independente de cada eletrodo da lâmpada e desta forma a dimerização

não afeta a vida útil da lâmpada, mantendo funcionamento estável. Estas famílias de reatores são para utilização com lâmpadas fluorescentes de diâmetro T5 e T8.

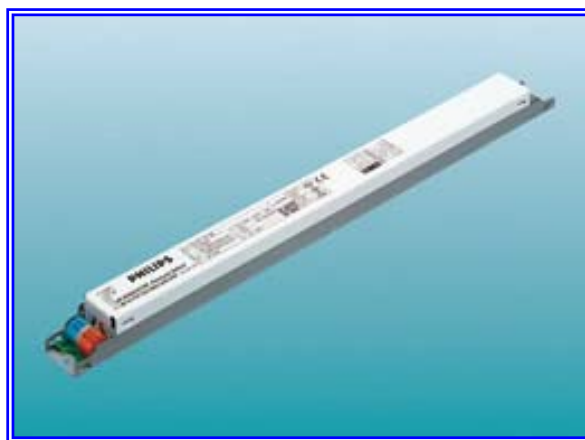


Ilustração 54 – Reator dimerizável família analógico
 Fonte: Philips - www.lighting.philips.com - HF-REGULATOR – junho 2007

O sistema DALI foi criado por fabricantes de reatores eletrônicos, sendo o principal fabricante a Osram, para reunir todas as possibilidades de controle de um moderno sistema de iluminação, os componentes estão mostrados na ilustração 55. Empresas como Osram, Philips e Vossloh-Schwabe, entre outras, desenvolveram um sistema que pudesse ser compatível entre todas as empresas. DALI não é um produto, mas, uma definição de relação para uma comunicação digital entre um controlador e os reatores eletrônicos, ou seja, o DALI é um protocolo.



Ilustração 55 - Componentes de um sistema de iluminação – DALI
 Fonte: OSRAM - www.osram.es/descarga - junho 2007

O gerenciamento da iluminação pode ser feito por sistemas, de maneira que, cada sistema possui capacidade para controlar até 4 grupos de luminárias, permitindo 4 variações de fluxo luminoso e até 16 reatores de módulos com interface DALI.

O deslocamento de carga com a “dimerização”, permitirá trabalhar com o sistema de iluminação no horário de ponta com carga reduzida, conforme mostrado no gráfico 1 abaixo, de maneira que, além de diminuir a demanda contratada haverá também diminuição do consumo de potência ativa, e logicamente da energia ativa consumida. Como, os reatores apresentam fator de potência maior que 0,92 este sistema não estará contribuindo na energia reativa e com isto, não haverá consumo excedente de reativos no sistema.

Deslocamento de carga de Iluminação com Dimerização

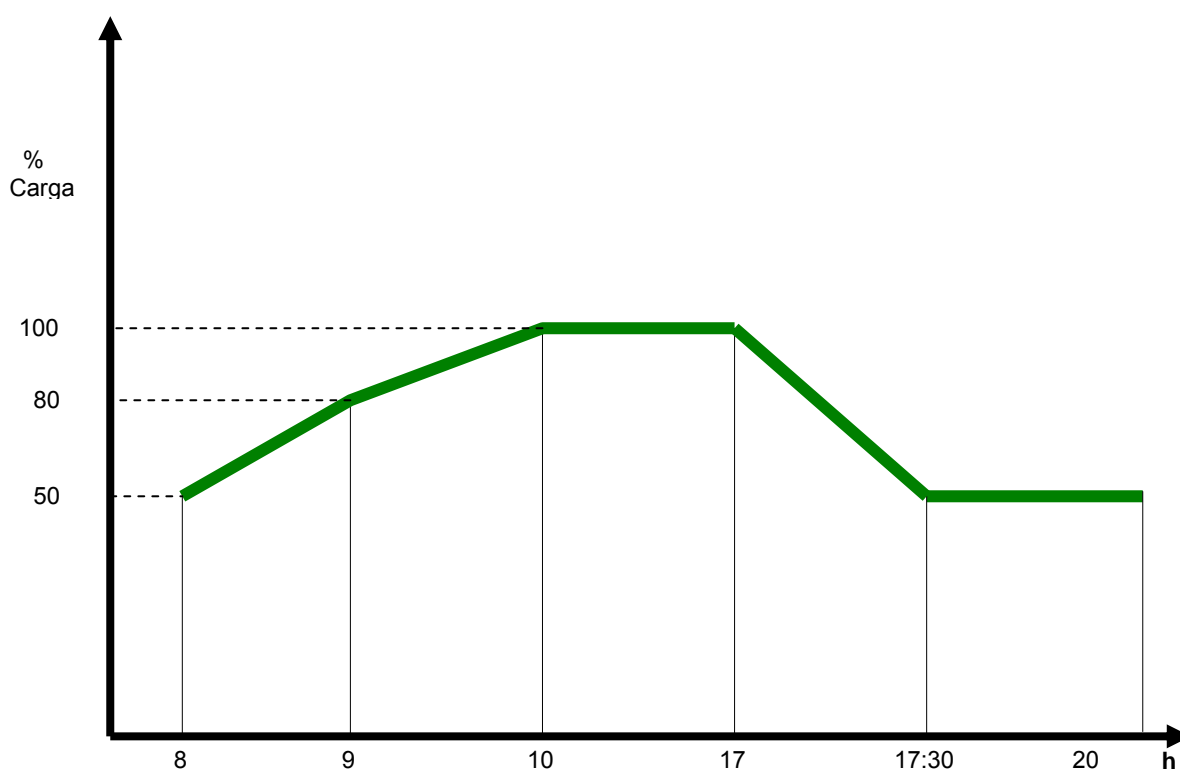


Gráfico 1 – Deslocamento da carga de iluminação com dimerização
Fonte: Concepção do autor

Um sistema de controle automático, como o mostrado na ilustração 56, inclui luminária com reatores dimerizáveis possuindo ainda instalados na própria luminária, sensor para interagir com iluminação natural e sensor de movimento, podendo ainda ter acionamento por controle remoto.



Sensor para interagir com a luz natural (economia de energia 70%)



Sensor de movimento – controle de ocupação (economia 30%)



Sensor de infravermelho (controle remoto)

Ilustração 56 – Luminária com sistema integrado de controle
 Fonte: Sistema Actilume – Fabricante PHILIPS

A “dimerização” controlada consiste no uso de um sensor que mede a quantidade de luminância natural que está entrando no ambiente. Quando o sensor reconhece uma luminância inferior à programada, aciona o reator que por sua vez comanda a lâmpada elétrica de acordo com a necessidade, resultando ao máximo o aproveitamento da luz natural e, conseqüentemente, o aumento da vida útil das lâmpadas.

Outro recurso utilizado na automação dos sistemas de iluminação é o sensor de presença que proporciona o aumento do conforto e redução de gastos. Com ele, a luz artificial somente é acionada com a presença de uma pessoa no ambiente. Sensores para sistemas de gerenciamento da iluminação são mostrados nas ilustrações 57 e 58.



Ilustração 57 – Sensor de Luminância
Sem fio

Fonte: OSRAM – Manual de programação
Sistema DALI



Ilustração 58 – Sensor de Luminância
e Presença – sem fio

Fonte: Manual de programação
Sistema DALI

Estes sensores possibilitam o controle do nível de iluminação mantendo-o constante através do aproveitamento da luz natural que chega ao ambiente. Adicionalmente pode possuir a função de sensor de movimento, que detecta os movimentos de pessoas através da radiação infravermelha emitida pelo corpo, permitindo que seja controlado um grupo de luminárias. Em ambientes de escritórios onde há presença da iluminação natural, estes componentes podem gerenciar os sistemas de iluminação em proximidade de janelas durante todo o período em que a luz natural estiver presente. Hoje, os sistemas de iluminação precisam fazer mais do que fornecer apenas luz suficiente para uma determinada aplicação. O conforto está tanto na economia quanto na habilidade e facilidade de usar a luz como um componente criativo principal no projeto interior. Em locais onde o ambiente é versátil, o auge está na possibilidade de se ajustar o sistema de iluminação, de maneira simples, às situações diferentes. Como todos os outros sistemas modernos de um edifício, o sistema de iluminação tem que ajustar-se com as exigências nos termos de economia de energia.

O aproveitamento da Luz do Sol e controle da iluminação dos ambientes em função da luz natural é uma forma de aplicarmos o conceito de economia de energia de forma eficiente, para que as edificações possam apresentar eficiência energética nos novos projetos e reabilitação dos sistemas de iluminação nas edificações já construídas.

3.7 Sistema de Prevenção a Incêndio e Segurança Patrimonial

3.7.1 Prevenção de Incêndios

Os sistemas de prevenção a incêndios em edificações verticalizadas representam um papel de relevante integração com os demais sistemas existentes nas tomadas de decisões em ações de comando e alarmes, capazes de permitirem minimização de tempos na identificação de possíveis sinistros.

De acordo com Lemos (p.19, 2007) a rotina de qualquer ambiente segue um comportamento aleatório, ou seja, varia com os acontecimentos ocorridos, que são dependentes dos fenômenos da natureza ou das reações do comportamento humano. As freqüentes simulações viabilizam analisar comportamentos dos sistemas de combate e do ser humano submetido a um alarme de incêndio programado e simulado. A continuidade de avaliação do evento permite a identificação de novos desvios ou situações inesperadas, para proporcionar novas atitudes e decisões, permitindo dotar o sistema analisado do máximo de cuidados para seu adequado funcionamento. Assim, um sistema de prevenção a incêndios deverá:

- a) Gerenciar alarmes orientando usuários sobre rotas de fugas função da posição geográfica da ocorrência.
- b) Informar através de alto-falantes mensagens pré-gravadas ou avisos do operador.
- c) Interagir com o sistema de transporte vertical para posicionar elevadores no andar térreo.

Este sistema será composto por detetores de incêndio, acionadores manuais, serviço de aviso sonoro, painel central de detecção e alarmes e módulos de laço.

3.7.2 Detetores de Incêndio

O uso de detetores apresenta uma expansão relevante, pois o mesmo permite uma otimização do controle e funcionamento do sistema de detecção, através da utilização de tecnologia analógica ou digital. O funcionamento baseado nos

princípios de ionização química ou foto-elétrica possibilita perfeita sincronia com a lógica utilizada no painel central de alarme.

3.7.2.1 Detetores de Fumaça

Devem ser empregados em altura máxima de 8 metros, em teto plano, sem condicionamento de ar, abrangendo área de atuação de 81 m². A sua área de abrangência corresponde a um quadrado de 9 m de lado no interior de um círculo de raio igual a 0,7 vezes o lado do quadrado. Na ilustração 59, apresenta-se a área de proteção para o detetor de fumaça, o qual deve ser interligado ao painel central de detecção e alarme. (GRAÇA, p.13, 2006)

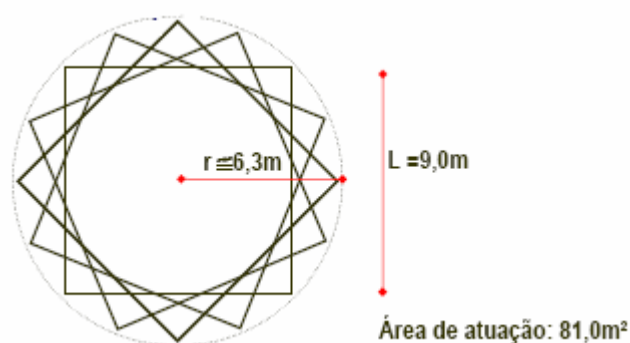


Ilustração 59 – Área de abrangência de detetor de fumaça.
Fonte: <http://pcc2466.pcc.usp.br> – agosto 2007

O detetor possui atuação por influência de fenômenos físicos ou químicos, que antecedem ou acompanham um princípio de incêndio, detectando os efeitos de interferência das partículas de fumaça em relação à propagação de luz ou pela ionização do fluxo de corrente. Quanto aos tipos de sensores podem ser classificados como:

- **Iônicos** : atua pela ionização do fluxo da corrente de ar, sendo composto por câmara de detecção contendo uma pequena quantidade de composto radioativo e por eletrodos carregados. O elemento radioativo mantém a câmara ionizada, fluindo uma pequena corrente elétrica constante entre os eletrodos. Quando partículas de fumaça penetram a câmara, são atraídas pelos íons e incorporadas aos mesmos, reduzindo a condução de corrente.

- Óticos ou Fotoelétricos: atua no princípio baseado na obstrução ou dispersão do feixe de raios luminosos. Um emissor envia um feixe de raios luminosos ao receptor, o fenômeno fotoelétrico gera uma foto-corrente constante, de forma que, na ocorrência de fumaça, a passagem do feixe luminoso é obstruída ocasionando a atenuação da foto-corrente abaixo de um valor pré-determinado e, por consequência, a ativação de um sinal. Uma outra situação de funcionamento ocorre quando um emissor propaga um feixe de raios luminosos, sem que os mesmos cheguem a um receptor instalado de forma perpendicular à emissão dos raios, não permitindo a geração de foto-corrente pela não ocorrência do efeito fotoelétrico no receptor. Na ocorrência de fumaça, parte da luz dispersada chega ao receptor produzindo a partir daí o mesmo fenômeno fotoelétrico, que independentemente do valor gerado possibilita a ativação de um sinal de alarme.



Ilustração 60 – Detetor iônico
Fonte: <http://www.ezalpha.com.br> - 2007



Ilustração 61 – Detetor ótico
Fonte: <http://www.ezalpha.com.br> - 2007

3.7.2.2 Detetores de Temperatura

Funcionam influenciados por uma variação brusca de temperatura ambiente. O funcionamento está baseado na modificação de uma propriedade física ou elétrica de um material sob influência do calor.

As mudanças físicas compreendem dilatação, fusão de um elemento, diminuição de isolamento termo-sensível ou dilatação volumétrica de um líquido. A ilustração 62 mostra a área de atuação e o raio do círculo atuante, onde a altura máxima de instalação deve ser de 7 m. O raio do círculo é igual a 0,7 vezes o lado do quadrado inscrito no círculo, que corresponde a 6 m. A ilustração 63 mostra o detetor de temperatura. (GRAÇA, p.10, 2006)

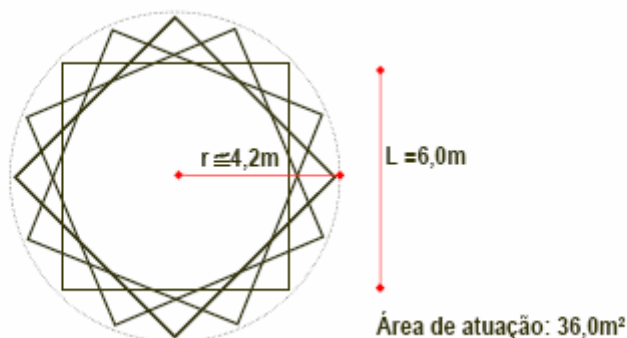


Ilustração 62: Área de abrangência de detetor de temperatura.
 Fonte: <http://pcc2466.pcc.usp.br> – agosto 2007

Os detetores de temperatura podem ser:

- Termovelocimétricos: operam usando um par calibrado de termistores. Um termistor está exposto à temperatura ambiente e o outro está selado. Em condições normais, os dois termistores registram temperaturas similares, porém, no desenvolvimento do fogo, a temperatura registrada pelo termistor exposto aumentará rapidamente, resultando num desbalanceamento entre os termistores, o que levará o detetor ao estado de alarme. A termovelocimetria está calibrada para detetar o fogo assim que a temperatura aumentar rapidamente, mas também existe um limite máximo fixo, no qual o detetor passará ao estado de alarme, mesmo que o aumento de temperatura tenha sido lento.



Ilustração 63: Detetor de temperatura termovelocimétrico
 Fonte: <http://www.us.sbt.siemens.com> – agosto 2007

- **Térmicos:** tem seu funcionamento baseado no acionamento de lâmina bimetálica que ao atingir temperatura crítica, comuta um contato indicando a ocorrência.

3.7.3 Elementos do Sistema

O sistema como todo, possui painel central de detecção e alarme com finalidade de executar o processamento dos sinais provenientes dos detetores de incêndio e promover ações de comando, sinalização e alarme, de modo proporcionar a perfeita integração com os demais elementos existentes na instalação. Neste painel há uma unidade central de processamento composta por circuitos digitais ou analógicos, com o objetivo de processar informações de entrada vindas dos sensores externos e responder com atuações nos circuitos de comando e alarme internos do sistema, para o perfeito funcionamento do processo de detecção a incêndio.

Para que seja mantida a capacidade de funcionamento autônoma do sistema, um conjunto de baterias é colocado em flutuação, isto é, são carregadas por um retificador de voltagem o qual, recebe voltagem alternada idêntica a que recebe o painel central de detecção e retifica esta voltagem para o valor correspondente ao das baterias, geralmente 24 Vcc ou 48 Vcc (volts de corrente contínua). Assim, no caso da falta de voltagem alternada, isto é, desligamento da rede de energia elétrica, o sistema de detecção de incêndio continuará operando por tempo definido através da capacidade do conjunto de baterias, que pode ser de 1h, 2h, 3h, etc.

Os módulos de laços de detecção e módulos de circuitos e alarmes são utilizados no sistema para processar os sinais de entrada, mostrados na ilustração 64.



Ilustração 64 – Módulo de laço de detecção (placa e gabinete)

Fonte: <http://www.ezalpha.com.br> – agosto 2007

O módulo de laço de detecção é composto por circuitos digitais ou analógicos e tem como objetivo processar os sinais de entrada provenientes dos sensores externos, enviando as informações à unidade de processamento central, para que haja atuação nos pontos adequados. Assim, uma informação diferente de um valor previamente ajustado identifica as condições dos ambientes a serem protegidos, pois cada detetor possui um endereço, e depois de conectado à rede, deve ser configurado na unidade central de processamento. Os módulos de circuitos de alarmes também se compõem por circuitos digitais ou analógicos e tem como objetivo processar os sinais de entrada provenientes da unidade de processamento central, quando da ocorrência de diferenças entre valores ajustados e os valores medidos, que possam caracterizar uma situação indesejável ao sistema interno.

Além dos detetores de incêndio, existem também acionadores manuais, utilizados em locais estratégicos, para disparo de alarmes. Estes acionadores também são inteligentes e podem se comunicar em rede juntamente com os detetores. Na ilustração 65, apresentam-se acionadores manuais, com atuação por uma micro-chave (*micro-switch*), com contato mecânico normalmente fechado, instalado em invólucro fechado por tampa de vidro, mantendo o contato pressionado na posição de contato aberto, em condições normais de funcionamento. Na ocorrência de incêndio, ao se quebrar a tampa de vidro, o contato que estava aberto retorna à condição de normalmente fechado, permitindo deste modo a atuação do circuito de detecção de incêndio, independente da atuação dos detetores de incêndio.



Ilustração 65 – Acionadores manuais com micro-chave
Fonte: <http://www.ezalpha.com.br> – agosto 2007

Os circuitos de laços são responsáveis pela interligação elétrica entre os detetores de incêndio e o painel central de detecção e alarme, proporcionando o envio do sinal

detectado, tanto em sistema simples de detecção, quanto em sistemas de detecção e combate. Estes circuitos podem ser interligados à central através de uma rede de protocolo proprietário, composto por um par trançado em configuração Classe A, ou Classe B. A configuração Classe B, que tem como característica a supervisão do circuito sem a fiação de retorno à central, partindo do último equipamento, de forma que uma eventual interrupção em qualquer ponto deste, implica em paralisação parcial ou total de seu funcionamento. A supervisão do circuito é executada através da leitura de um resistor final de linha (RFL).

A configuração pela Classe A apresenta maior segurança, pois há retorno, ou seja, onde o controlador possui retorno de seu sinal como resposta ciclicamente comprovando seu perfeito funcionamento.

3.7.4 Configurações de Laços de Controle

Os laços de controle podem conter detetores e atuadores com utilização de contato seco, tipo normalmente aberto - NA ou, normalmente fechado – NF, como também, podem ser através de redes. Nas configurações com contato seco, o sistema com detetores a contato fechado é o mais utilizado, pois, se ocorrer rompimento da fiação em qualquer ponto, o sistema irá alarmar, obrigando intervenção do operador.

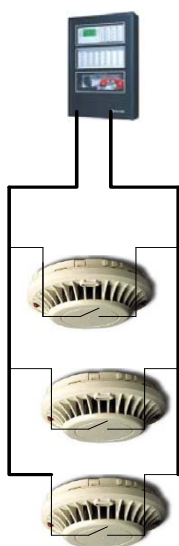


Ilustração 66 – Configuração Contato NA
Fonte: Concepção do autor

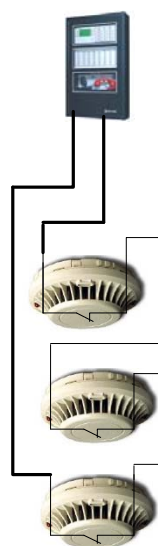


Ilustração 67 – Configuração Contato NF
Fonte: Concepção do autor

Para configuração com contatos NA, em paralelo, o rompimento de fiação só será notado na falta de um alarme do sistema. Entretanto, no sistema ligado em série se algum elemento colar o contato, este elemento não acusará uma eventual ocorrência, e nesta situação o sistema em paralelo será mais eficiente. De maneira que haja meio de prevenir a ocorrência desta possibilidade, as centrais efetuam a medição do nível de voltagem no laço, utilizando a configuração NA com resistor em série, para provocar no seu fechamento, uma queda de voltagem que seja distinguível, colocando no último detetor do laço ou atuador, um resistor de valor diferente ao dos detetores de terminações.

Um sistema que utilize um controlador lógico programável (CLP) com entradas analógicas de corrente de 4 a 20 mA, alimentando atuadores e detetores em circuito paralelo com conato NA, em cada detetor atuado, haverá uma diferença no valor de resistência total do sistema, permitindo que o programa no CLP possa identificar qual o detetor está atuado. Utilizando uma resistência fixa de 3300 ohms instalada junto ao último detetor do laço, como mostrado na ilustração 68, permitirá saber se o sistema está operante, pois, fará com que o CPL tenha que receber uma corrente mínima de 3,64 mA.

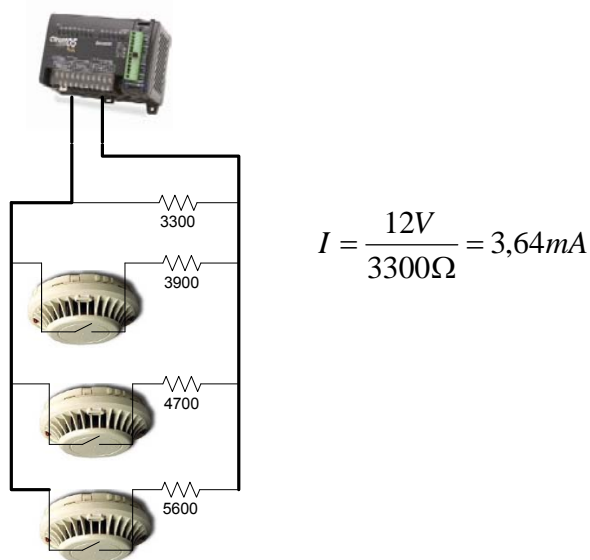


Ilustração 68 – Circuito em paralelo ligada a CLP
Fonte: Concepção do autor

É possível, através de cálculo das possibilidades de atuação de diversos detetores diferentes, serem fornecidos outros valores diferenciados, que serão analisados pelo CLP.

Na utilização de detetores, atuadores manuais e outros elementos de detecção e alarme que possuam inteligência, haverá comunicação com a central de detecção e alarme via rede, através de protocolo, o qual poderá ser do tipo proprietário, especialmente desenvolvido para troca de informações entre a central e os elementos da rede. Nestas condições o equipamento dedicado é o mais indicado, pois possuem todas as rotinas necessárias ao bom funcionamento do sistema. A ilustração 69 mostra como será este sistema.

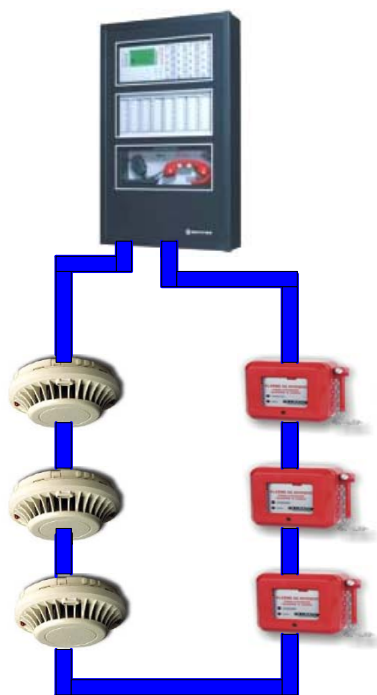


Ilustração 69 - Rede com detetores e acionadores inteligentes.
Fonte: Concepção do autor

Equipamentos dedicados em sistemas de detecção com utilização de contato seco, NA ou NF, podem trabalhar em conjunto com equipamentos de fabricantes diferentes, entretanto, para aqueles que utilizam redes, somente equipamentos de mesmo fabricante poderão ser utilizados. Para sistemas com supervisão baseada

em controlador lógico programável (CLP) dedicado, a comunicação com fabricantes diferentes de detetores, acionadores e outros dispositivos é possível utilizando rede padrão *ModBus*. O controlador apresenta grande flexibilidade na sua programação permitindo desta maneira, maior número de laços de controle, e implementação de rotinas específicas no sistema de prevenção de incêndio, onde pode ser integrado com o sistema de supervisão e controle predial, e supervisionar as bombas de incêndio, chaves de fluxo da rede de incêndio, etc.

A utilização de equipamento dedicado (central de detecção) apresenta maior rapidez de instalação e configuração, entretanto, não permite a conectividade com outros sistemas. Para o uso de controlador (CLP) há a necessidade de desenvolvimento de software para controle do sistema e o desenvolvimento de programação para sistema supervisório, entretanto, isso pode gerar maior flexibilidade permitindo o uso de interface homem-máquina (IHM) em pontos remotos da rede de maneira permitir obtenção de dados descentralizando operações só no controlador.

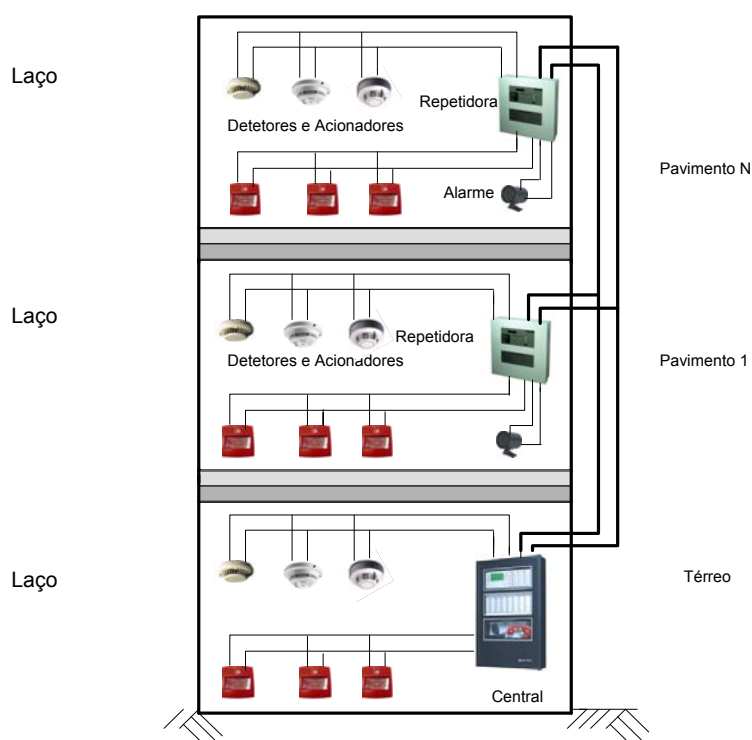


Ilustração70 – Sistema com equipamento dedicado – central e repetidora.
Fonte: Concepção do autor

3.7.5 Segurança Patrimonial

A verticalização das edificações é um fenômeno contemporâneo e a incorporação de novas tecnologias à edificação é uma tendência atual, por estar associada às mudanças no estilo de vida da população (que geraram novas necessidades); ao avanço tecnológico; à economia de energia; à redução com os custos com a manutenção; à otimização do sistema e à crescente necessidade por segurança patrimonial. Com isto, o trabalho do arquiteto se complicou. Além da estética, a legislação e uso dos espaços nos edifícios são necessários o enfoque na segurança patrimonial.

Três itens se fazem necessários para compor um sistema de segurança; medidas de proteção passiva, medidas de proteção ativa, medidas de proteção operacionais. As medidas de proteção passiva são aquelas agregadas ao sistema construtivo que não necessita de sistemas eletro-eletrônicos para desempenhar suas funções, e podemos estabelecer nestas medidas as estruturas prediais reforçadas em determinados pontos da edificação, paisagismo, blindagem por vidros, etc. As medidas de segurança ativa são aquelas que necessitam projeto e planejamento prévio com funcionamento através de sistemas eletro-eletrônico onde se encontram; controles de acesso, sistema de circuito fechado de televisão (CFTV), sensores de presença, etc. As medidas de proteção operacionais são complementadas pelo controle humano no monitoramento do processo para que ocorra perfeito funcionamento do sistema.

3.7.5.1 Sistemas de Controle de Acesso

Ao se tratar de segurança, especialmente segurança física, o termo controle de acesso é uma referência à prática de permitir o acesso a uma propriedade, edificação, ou sala, apenas para pessoas autorizadas. O controle físico de acesso pode ser obtido através de pessoas (um guarda, segurança ou recepcionista); através de meios mecânicos como fechaduras e chaves; ou através de outros meios tecnológicos, como sistemas baseados em cartões de acesso. Dentre os sistemas é possível utilizar um dos processos:

- a) Sistema de Identificação

Usuário Regular – nesta condição o usuário é previamente identificado por fotos e dados pessoais que são transportados para sistema operacional que permitirá a elaboração de um cartão com código de barras, ou cartão com taja magnética, ou cartão de rádio frequência (proximidade), ou cartão com chip eletrônico. Como a barreira de acesso necessita ser liberada, e esta pode ser uma catrata, a utilização do cartão no sistema operacional de leitura da catraca irá dar permissão de acesso ao usuário. Outro sistema seria o uso da biometria por identificação através da impressão digital.



Ilustração 71 - Cartão de proximidade e cartão com tarja magnética para acesso através de catracas eletrônicas.

Fonte: www.linkalarmes.com.br – setembro 2007

Visitante – ao se apresentar na recepção da edificação o visitante será identificado, fotografado e um documento seu será microfilmado. Após verificação e autorização dada a recepção para acesso do visitante, será fornecido a este um cartão que poderá conter código de barras, tarja magnética, elemento de rádio frequência ou chip eletrônico para ser utilizado no seu acesso. Na saída, este cartão será inserido no elemento de barreira, para que o sistema operacional possa liberar seu acesso pela barreira.

Veículos - os sistemas de controle de acesso podem ser por cancelas eletrônicas com sistema operacional que permita a leitura do elemento de permissão de acesso, o qual poderá ser cartão de rádio frequência (proximidade), ou de tarja eletrônica.

3.7.5.2 Sistema de Controle por Imagem

O sistema de circuito fechado de televisão (CFTV). Tem como objetivo principal possibilitar o monitoramento de vários locais em um único ponto, centralizando o gerenciamento e facilitando a tomada de decisões. Para controle de imagem a edificação deve possuir um sistema fechado de televisão (CFTV), cujas câmeras devem possuir capacidade de movimentação e ajustes de zoom e foco. Este sistema pode ser analógico ou digital. Nos sistemas analógicos é utilizado um vídeo gravador para funcionamento contínuo denominado “vídeo time lapse”, gravador de tempo estendido. Pode ser utilizado em sistemas multiplexados, permitindo a utilização de até 16 câmeras. O módulo de multiplexação pode receber sinais de alarme que, ao ser acionado, prioriza o registro de determinada câmera aumentando a sua resolução de gravação.

Nos sistemas digitais a gravação da imagem é feita no disco rígido do computador. A imagem digital é composta por pixel (menor ponto de uma imagem), onde cada centímetro é formado por vários pixels. Como, a imagem é transformada em sinais digitais, estas podem ser submetidas a sistemas de compactação e, com isso, utilizar menor capacidade de memória possível, para permitir a armazenagem de um grande número de imagens. Neste sistema, uma vantagem é que o usuário pode contar com mecanismo de busca de imagem de câmera estática, delimitando áreas para análise se alteração de imagem previamente destacada.

Um sistema de vigilância de vídeo multi-canais baseado em computador pessoal (PC), utiliza as mais avançadas tecnologias da compressão de vídeo digitais para trazer a alta qualidade de imagem e alto desempenho de vídeo. Câmeras podem ser conectadas e vista imagens ao vivo em uma tela do monitor local ou através da rede de comunicação usando diferentes protocolos. As imagens das câmeras do sistema de CFTV digital serão gravadas por detecção de movimento (*Motion Detect*) ou gravação normal. Isso permite que o disco rígido do computador (HD) não tenha todo seu espaço ocupado por movimentos não necessários.

O sistema digital pode receber até 16 sinais digitais de entrada, para acionar recursos, tais como, posicionamento de determinada câmera para posição pré-

programada, modificar a qualidade de gravação de determinada câmera. Também podem possuir 16 contatos de saída que podem ser ajustados pelo usuário, para que o sistema envie comandos a outros dispositivos, tais como, acionar alarmes sonoros, travar ou destravar portas, liberar catracas entre outras funções.

A Arquitetura deve efetuar a integração dos sistemas, pois na maioria das vezes esta integração não é colocada em prática devido a serem projetados e instalados em momentos diferentes, ou então não foram projetadas pela Arquitetura.

O sistema de CFTV deve ser integrado com o sistema de controle de acesso, de maneira permitir filmagem de usuários posicionados em áreas de detecção; no sistema de prevenção a incêndio fornecer imagem da área de alarmes. O sistema digital permite monitoramento via internet assim, caso o gerente não esteja presente no local vigiado, para acompanhar o que acontece pode fazê-lo via internet utilizando para isto um computador portátil.

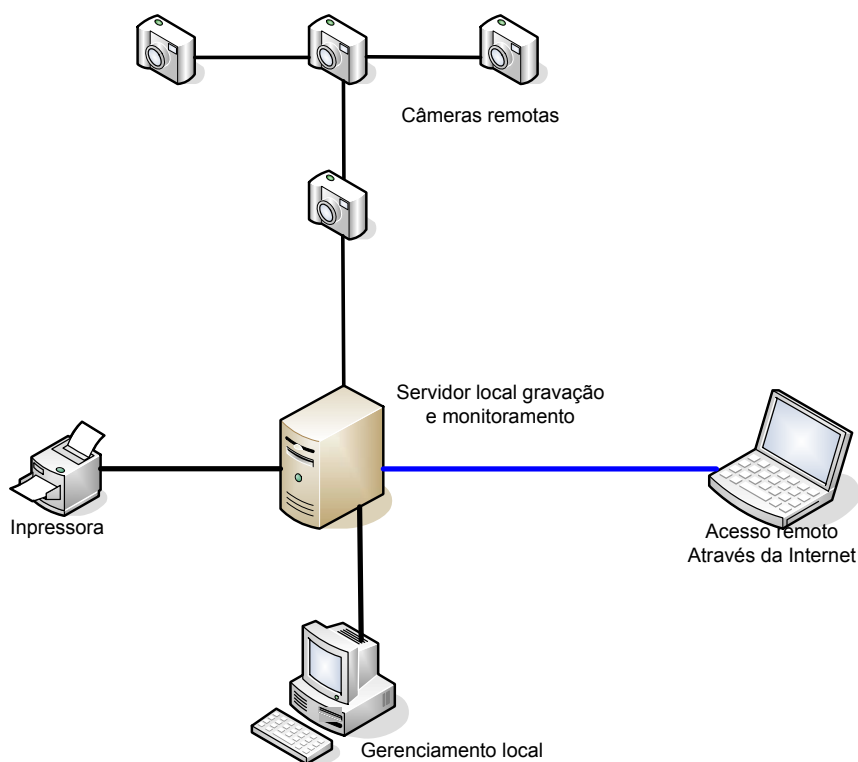


Ilustração 72 - Sistema CFTV digital
Fonte: Concepção do autor

3.8 Sistema de Hidráulico – Sucção e Recalque de água Tratada

3.8.1 Sistema Indireto de Distribuição

O sistema de sucção e recalque de água tratada nas edificações deve acompanhar a tecnologia que pode ser utilizada e que evoluiu consideravelmente nos últimos anos. A conscientização no meio profissional, da necessidade cada vez mais precisa e rigorosa com dispositivos e componentes, que permita automatizar sistemas de transporte de fluidos, visando à eficiência, durabilidade e custos reduzidos, permitirão exigências de projetos objetivos com alto índice técnico e com perfeição cada vez maior na integração das instalações hidráulicas com a Arquitetura e a estrutura da edificação.

Como a pressão da rede de abastecimento pública é insuficiente para abastecer um reservatório elevado, instalado no ponto mais alto da edificação, é construído um reservatório inferior, abaixo da cota do piso térreo da edificação, de onde será efetuada a sucção e recalque da água acumulada. Nesta situação, as seguintes vertentes podem ser utilizadas:

- a) Construção de um reservatório superior para receber a água recalçada e efetuar a distribuição interna por gravidade.
- b) Instalação de um reservatório hidropneumático em aço para receber água do reservatório inferior, a qual será pressurizada através de um compressor de ar, e recalçada até o barrilete para então ser distribuída internamente.
- c) Utilização de conjunto moto-bomba acionado por inversor de frequência que sob ação de controladores de pressão farão à variação na rotação da bomba, variando a vazão de água recalçada para ser distribuída internamente.

As condições de construção e montagem tratadas acima nos itens a e b, resultam na utilização de sistemas de controle e de alimentação elétrica dos motores, feitas pelos meios tradicionais, isto é, uso de válvula de flutuador (bóias elétricas) e contadores elétricos para acionamento do conjunto moto-bomba, onde não há preocupação com consumo de energia elétrica, pois, o sistema não contribuiu para o gerenciamento da energia elétrica.

Já o sistema descrito no item c, permite através da tecnologia utilizada nos inversores de frequência, o gerenciamento da energia elétrica.

3.8.2 Inversor de Freqüência para Controle de Vazão

Segundo Mascheroni (p.9, 2004) o início da evolução tecnológica dos semicondutores de potência com características de desempenho excelente, baixo custo e confiabilidade, ocorreu a partir de 1980, sendo inserido neste contexto o desenvolvimento de inversores de freqüência. Este equipamento viria permitir a variação da rotação de motores elétricos assíncronos, os quais, por estarem acoplados a bombas centrífugas em sistemas sucção e recalque de água, iriam permitir variar a vazão de líquido a ser recalcado pela bomba.

O inversor de freqüência é um equipamento elétrico capaz de produzir uma variação dos valores da freqüência elétrica da rede de alimentação de um motor, produzindo uma variação de sua rotação ou velocidade. A construção do motor elétrico é dependente do número de pares de pólos magnéticos e da freqüência da rede que será alimentado, para definir a rotação ou velocidade, de seu funcionamento. Se, a velocidade estiver em sincronismo com a freqüência de alimentação elétrica, o motor é dito ser do tipo síncrono. Se, sua velocidade estiver próxima da velocidade de sincronismo, ele será dito assíncrono. A equação 1 fornece a rotação de sincronismo, em rotações por minuto (rpm), para um motor elétrico.

$$\eta_s = \frac{60 \times f}{\frac{P}{2}} = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{P}{2} = n^\circ. \text{ de pares de pólos do motor elétrico}$$

$$p = n^\circ. \text{ de pólos do motor elétrico.}$$

$$f = \text{freqüência da rede elétrica de alimentação.}$$

Os motores elétricos assíncronos apresentam construtivamente, velocidades de rotação entre 2% a 5% menores que as respectivas velocidades de sincronismo.

De maneira possibilitar a operação do motor com torque (força aplicada num eixo que provocará a rotação do mesmo) constante em diferentes velocidades, será necessário variar a voltagem proporcionalmente com a variação da freqüência da rede elétrica.

De acordo com a equação 1, se variarmos a frequência da rede de energia elétrica, a rotação de sincronismo irá variar. Como, as rotações nominais dos motores elétricos assíncronos são entre 2% a 5% menores que a de sincronismo, teremos uma variação na velocidade destes motores ocorrendo.

Normalmente os fabricantes de motores elétricos estabelecem dois tipos de carga; carga a torque constante e carga a torque variável. A carga do tipo torque constante é aquela onde o torque permanece constante ao longo de toda faixa de variação de velocidade. Já para carga tipo torque variável é aquela onde o torque aumenta com o aumento da velocidade, estando inserida neste caso, as bombas centrífugas no recalque de água com variação da vazão.



Ilustração 73 - Inversor de Frequência – Fabricante WEG
Fonte: www.eletronline.com.br – setembro 2007

Ao ser projetada uma bomba para sistema hidráulico, tem-se como idéia específica o recalque de determinada vazão em certa altura manométrica de modo a se obter o máximo rendimento. Entretanto, esta bomba poderá ser colocada para recalcar vazões maiores ou menores do que aquela para a qual foi projetada mudando, com a variação de vazão, a altura manométrica, a potência necessária ao acionamento e o rendimento. Desta forma, cada bomba tem seu campo de aplicação em termos de grandeza, que interferem em seu funcionamento. A representação gráfica deste campo é chamada curva característica da bomba. As bombas centrífugas são as mais empregadas em recalque de água. Uma das formas de se ampliar o campo de

aplicação de uma bomba para atender às variações, é alterar a rotação de acionamento. Variando a rotação de acionamento, muda a curva característica da bomba.

O uso de motores elétricos de indução alimentados por inversores de frequência, como mostrado na ilustração 73, para acionamento de bombas centrífugas, tem crescido significativamente nos últimos anos em virtude das vantagens inerentes proporcionadas por esta aplicação, tais como, facilidade de controle e economia de energia.

3.8.2.1 Controle Escalar

O funcionamento dos inversores de frequência (MASCHERONI, p.50, 2004) com controle escalar está relacionado à relação V/F constante, isto é, nesta relação é mantido o torque do motor constante, igual ao nominal, para qualquer velocidade de funcionamento do motor. O motor de indução possui bobinas com dois parâmetros para definirem suas características. A resistência ôhmica R [Ohm] e a sua indutância L [Henry]. A resistência é dependente do tipo de material utilizado (cobre) e do comprimento do fio com o qual será feita a bobina. Já a indutância, depende da forma (geometria) que será dada à bobina. A corrente elétrica que circulará no motor será proporcional a resistência “R” e ao valor da reatância indutiva “ X_L ” que depende da indutância “L” e da frequência “f”, mostrada nas equações 2 e 3.

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L \dots \dots \dots (2)$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{(R^2 + X_L^2)}} \dots \dots \dots (3)$$

Para valores de frequência acima de 30 Hz o valor da resistência é muito pequeno comparado com o da reatância indutiva, sendo desprezado. Nesta aproximação, teremos o valor da corrente sendo diretamente proporcional à voltagem de alimentação “V” e inversamente proporcional à indutância “L” e a frequência “f”. Como, a indutância é uma constante do motor dependente da construção da bobina, os parâmetros que poderão ser controlados pelo inversor serão voltagem e frequência.

O controle V/F constante varia a voltagem proporcionalmente com a variação da frequência de alimentação do motor, para obter uma corrente constante da ordem da corrente nominal como mostrado no gráfico 2.

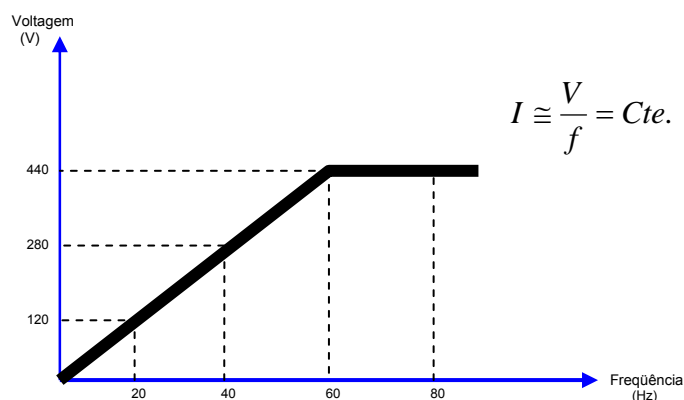


Gráfico 2 – Controle escalar para inversor de frequência
Fonte: Guia de inversor de frequência – WEG - 2004

Para frequências abaixo de 30 Hz, a resistência “R” que foi desprezada anteriormente, apresenta agora, influência na corrente elétrica. Assim, mantendo-se a proporcionalidade entre a frequência e a voltagem, a corrente e o torque do motor irão diminuir. Para que isto seja evitado, a voltagem em baixas frequências deve ser aumentada como mostrado no gráfico 3.

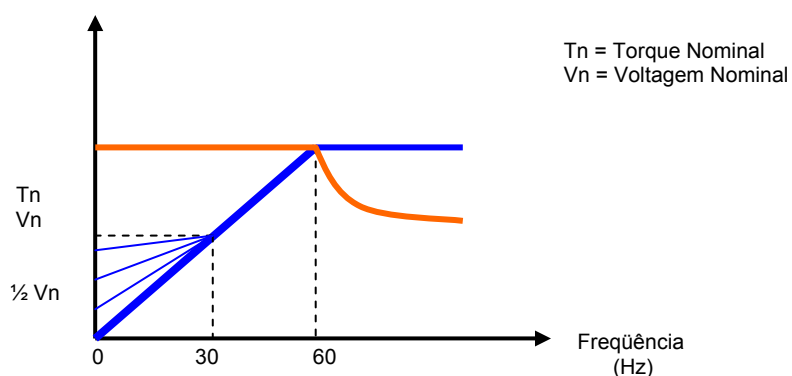


Gráfico 3 – Compensação da corrente no inversor
Fonte: Guia de inversor de frequência – WEG - 2004

O controle escalar em inversores de frequência é utilizado em aplicações normais que não necessitem de elevada dinâmica. Isto é, grandes acelerações nem controle de torque. Um inversor com controle escalar pode controlar a velocidade de rotação do motor com uma precisão de 0,5% da rotação nominal, para sistema sem variação de carga, e de 3% a 5 % com variação de carga de 0 a 100% do torque nominal (MASCHERONI, p.53, 2004).

3.8.2.2 Controle Vetorial

Quando se faz necessárias respostas rápidas e alta precisão de regulação da velocidade, o motor elétrico deverá fornecer essencialmente um controle preciso de torque para uma faixa extensa de condições de operação. A corrente que circula nas bobinas do motor de indução, pode ser separada em duas componentes, uma corrente de magnetização (produtora do fluxo magnético) e a corrente produtora do torque (MASCHERONI, P.55, 2004). A componente total corresponde à soma vetorial destas duas componentes, assim, o torque produzido no motor é proporcional ao produto vetorial destas duas componentes. Neste tipo de controle os microprocessadores necessitam realizar milhares de operações matemáticas por segundo.

3.8.3 Relações do Torque do Motor com Inversor de Frequência

Quando o motor está acoplado a uma bomba centrífuga, o torque demandado pelo motor aumenta com o quadrado da velocidade de rotação, e a potência com o cubo. Estas aplicações apresentam um maior potencial de economia de energia, uma vez que, a potência é proporcional à velocidade elevada ao cubo. O torque nominal do motor elétrico (MASCHERONI, 2004) pode ser calculado a partir da potência nominal e de sua rotação nominal, conforme mostrado na equação 4.

$$T = \frac{P}{\frac{2\pi}{f} \times Nm} \dots\dots\dots(4)$$

P = potência nominal do motor elétrico f = frequência da rede elétrica
 Nm = rotação nominal do motor

O Torque apresenta unidade Newton x metro (Nm). Assim, para um motor elétrico de potência nominal igual a 15 kW, de IV pólos, rotação nominal 1760 rpm que

apresente corrente nominal igual a 52,0 A sob voltagem de rede elétrica de 220 V, frequência de 60 Hz e com rendimento de 89,8% a 100% da potência nominal teremos; 89,8% de 52,0 A correspondem a corrente de 46,7 A para produzir Torque, o restante de corrente 5,3 A serão para suprir as perdas e produzir a excitação do motor.

O Torque nominal do motor será 81,4 Nm, e o motor irá desenvolver:

$$81,4 \text{ Nm} / 46,7 \text{ A} = 1,743 \text{ Nm/A de produção de Torque.}$$

Desta maneira, para uma leitura de corrente de 20 A, corresponderá um Torque de:

$$(20 \text{ A} - 5,3 \text{ A}) \times 1,743 = 25,6 \text{ Nm}$$

Bomba centrífuga é uma máquina rotativa com função de aumentar a energia de um fluido, a partir de uma fonte externa, a qual corresponde um motor elétrico. Estes dois elementos têm como características que o torque de carga apresenta crescimento quadrático com a rotação. Isto significa que, caso seja duplicada a rotação da bomba para que seja aumentada a vazão, será demandado um torque 4 vezes maior para tal feito. A vazão “Q” corresponde ao volume deslocado por unidade de tempo e no Sistema Internacional (SI) tem como unidade m³/s (metros cúbicos por segundos). A pressão “p” tem como unidade Pascal (Pa) onde Pa = N/m² (Newton por metro quadrado). O produto da vazão pela pressão resulta na potência fluídica, cuja unidade é o Watt (W) no SI, mostrada na equação 5.

$$P_f = Q \times p \dots \dots \dots (5)$$

A potência mecânica demandada pela máquina é diretamente proporcional ao torque à plena carga e a rotação da bomba, como mostrado na equação (6).

$$P_m = \left(\frac{2\pi}{60} \right) \times T \times N_b \dots \dots \dots (6)$$

A bomba centrífuga apresenta uma eficiência fluídica “ η_f ” com a qual ela converte energia mecânica em energia do fluido, podendo ainda, haver uma transmissão intermediária entre o motor e a bomba, que leve a uma eficiência desta transmissão

“ η_t ”, a qual para acoplamentos diretos não é considerada. Desta maneira, a potência mecânica mínima a ser fornecida pelo motor é a mostrada nas equações 7 e 8 (MASCHERONI, 2004).

$$P_M = \frac{P_f}{(\eta_f \times \eta_t)} \dots\dots\dots(7)$$

$$P_M = \frac{P_m}{\eta_t} \dots\dots\dots(8)$$

Assim, uma bomba centrífuga que vá ser acoplada diretamente a um motor e que apresente rotação máxima de 1780 rpm e torque a plena carga igual a 320 Nm, necessitará que o motor tenha IV pólos e uma potência igual a 59,6 kW, pois o acoplamento sendo direto não há perdas na transmissão.

3.8.4 Características Técnicas dos Inversores de Frequência

Os inversores de frequência possuem entradas para receberem sinais externos de controle que podem ser analógicos ou digitais. Na entrada de sinal analógico, os inversores aceitam sinais variáveis de 4 a 20 mA de corrente elétrica, proveniente de sensores, que acoplados irão permitir variar a frequência na faixa de 0 a 300 Hz. Assim, será possível ao receber sinais variando de 4 a 20mA de um elemento instalado na linha de recalque da bomba, fazer variar a rotação do motor através da variação da frequência e com isto variar a vazão da bomba.

3.8.5 Controle da Vazão

O controle da vazão pode ser efetuado por dois meios; por válvula de estrangulamento ou por controle da rotação da bomba, sendo que, a vazão também pode ser controlada por meio da recirculação ou da mudança do diâmetro do rotor da bomba.

Os fatores que irão alterar a curva característica do sistema podem ser descritos como; natureza do líquido (peso específico, densidade), temperatura do líquido, variação da altura estática, pressão do reservatório e características das tubulações e acessórios.

A instalação de válvula de estrangulamento na tubulação de saída da bomba permitirá alterar a vazão pela redução do diâmetro e conseqüentemente aumento da resistência na curva do sistema. Nesta situação, a rotação da bomba fica inalterada e a potência consumida aumenta para poder suprir o aumento de carga. A vazão inicial varia até o novo ponto de trabalho assim como a altura manométrica. A diferença entre a altura inicial e final representa o aumento de potência consumida pela bomba para controle da vazão.

Quando a rotação da bomba varia, surge um conjunto de curvas paralelas, que representam a operação da bomba para a velocidade resultante daquela rotação, sem que isto afete a curva do sistema. Nesta condição não há acréscimo na perda de carga representada pela altura manométrica, ao contrário, a resistência para a vazão é menor. Existe uma relação de proporcionalidade entre a rotação da bomba (N), a vazão solicitada (Q), a altura manométrica total (H) e a potência consumida pela bomba (P) (OLIVEIRA, 2002).

A vazão é diretamente proporcional a rotação: $\frac{Q}{Q_1} = \frac{N}{N_1} \dots\dots\dots(9)$

A potência consumida é proporcional ao cubo da rotação: $\frac{P}{P_1} = \left(\frac{N}{N_1}\right)^3 \dots\dots(10)$

A perda de carga é proporcional ao quadrado da rotação: $\frac{H}{H_1} = \left(\frac{N}{N_1}\right)^2 \dots\dots(11)$

Como a potência consumida pela bomba varia com o cubo da rotação, quanto menor a rotação, menor a potência no eixo da bomba e menor a potência de saída do motor.

O transmissor de pressão é o instrumento utilizado no monitoramento contínuo da pressão em processos envolvendo líquidos em tubulações. A pressão é medida por meio de um transdutor piezo resistivo, que converte a força exercida pelo fluido sobre o diafragma em um sinal diretamente proporcional à sua intensidade e que é

então enviado a um circuito eletrônico. Um sinal analógico de 4 a 20 mA (a 2 fios) é gerado pelo circuito, sendo proporcional ao valor da pressão. O transmissor de pressão é mostrado na ilustração 74.



Ilustração 74 – Transmissor de pressão – Fabricante Nivitec
Fonte: www.nivitec.com.br – setembro 2007

Na instalação deste dispositivo, deve ser verificado para que o cabo de sinal 4 a 20 mA, não seja instalado juntamente com cabos de energia (transporte de corrente), pois o campo magnético gerado pelo cabo de energia pode interferir no sinal e gerar erro, causando assim, interferência no controle da vazão do sistema.

Para se medir a pressão nos processos envolvendo líquido na tubulação é utilizado o manômetro, conforme mostrado na ilustração 75.



Ilustração 75 – Manômetro – Fabricante Record
Fonte: www.recordsa.com.br – setembro 2007

3.8.6. Sistema de Controle Automatizado para Recalque de Água

Para poder ser retirada a carga estática que representa o reservatório superior para acumulação de água, na determinação da carga distribuída na edificação minimizando os custos da construção, o controle automatizado do sistema de

recalque de água, com o uso de controle de velocidade variável no motor acionador da bomba, permitirá manter o sistema hidráulico com as vazões variáveis conforme a necessidade do sistema. Desta maneira, o controle da variação da rotação da bomba para recalque de água, funcionará como um regulador da distribuição pelo sistema hidráulico.

A utilização de sistema pressurizado permite efetuar a distribuição de água pela edificação, não sendo necessário utilizar reservatório de acumulação superior. Na linha de tubulação de saída do recalque de água, deve ser instalado um manômetro de maneira que, este instrumento, permita manter a indicação de que a linha está pressurizada e regulada (*set-point*). Na mesma linha de tubulação, também será instalado um transmissor de pressão, o qual receberá informação da pressão da linha e, informará através de envio de sinal analógico (4 a 20 mA) ao elemento de controle, o inversor de frequência , a necessidade de fazer a rotação do motor variar para que a bomba possa recalcar a vazão solicitada pelo sistema, indicada no manômetro, pela queda de pressão na rede hidráulica.

Como, o sistema necessita ser pressurizado, a instalação de um tanque pulmão, na linha de saída para o barrilete de distribuição, permitirá efetuar o efeito mola reguladora quando da variação de pressão na linha de distribuição de água. Este sistema dispensa a necessidade de reservatório elevado que produz pressão na rede hidráulica equivalente a sua altura geométrica. A compressibilidade do ar retido no tanque faz com que haja expansão do ar quando a água é distribuída pelo sistema e, comprimido novamente quando a bomba inicia o recalque, alimentando o tanque com mais água. Como, o ar retido no interior do tanque é dissolvido na água quando em contato com esta, é necessário separar a água do ar, ou então, repor o ar perdido. Nesta condição, duas soluções podem ser utilizadas, uso de tanque pré-carregado de ar com bolsa separadora para a água ou, tanque com carregador de ar no qual inexistente barreira separadora de água e ar, necessitando de compressor para manter o volume correto de ar em seu interior.

A ilustração 76 mostra um tanque pré-carregado, para ser utilizado em sistemas de recalque de água pressurizado.

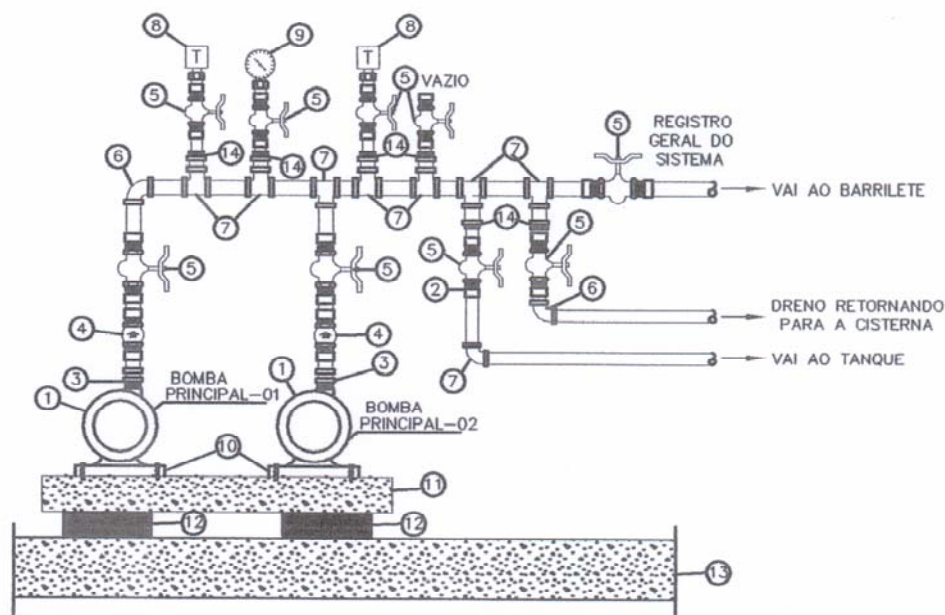


Ilustração 76 – Tanque pré-carregado – Fabricante Jacuzzi
Fonte: www.jacuzzi.com.br – agosto 2007

O sistema de pressurização mostrado na ilustração 77 composto de dois conjuntos moto-bomba para recalque de água, possui um manômetro para indicação da pressão na tubulação e dois transmissores de pressão, onde cada um deles envia sinal para o inversor de frequência que controla a rotação do motor, quando há variação de pressão na rede hidráulica.

Neste sistema, cada moto-bomba trabalha para uma faixa de pressão de maneira que, a moto-bomba 1 irá operar quando ocorrem variações na pressão da rede dentro da faixa regulada pelo transmissor de pressão.

Assumindo que a altura manométrica solicitada fosse de 62,38 mca (metros de coluna de água), a primeira moto-bomba ficaria com o sinal limite do transmissor para 60 mca. Se a pressão cair e com o envio de sinal do inversor a primeira moto-bomba estiver imprimindo sua rotação máxima e a vazão necessária não pode ser suprida, o transmissor de pressão da segunda moto-bomba envia sinal para o seu acionamento, de maneira que, sua velocidade será função da complementação da vazão necessária para suprir o sistema hidráulico, isto é, o motor é acionado em rotação mais baixa, flutuando nesta rotação para cima e para baixo, até o equilíbrio do sistema. Quando a pressão é novamente alcançada, a segunda moto-bomba é desligada e cessada a vazão a primeira moto bomba é desligada.

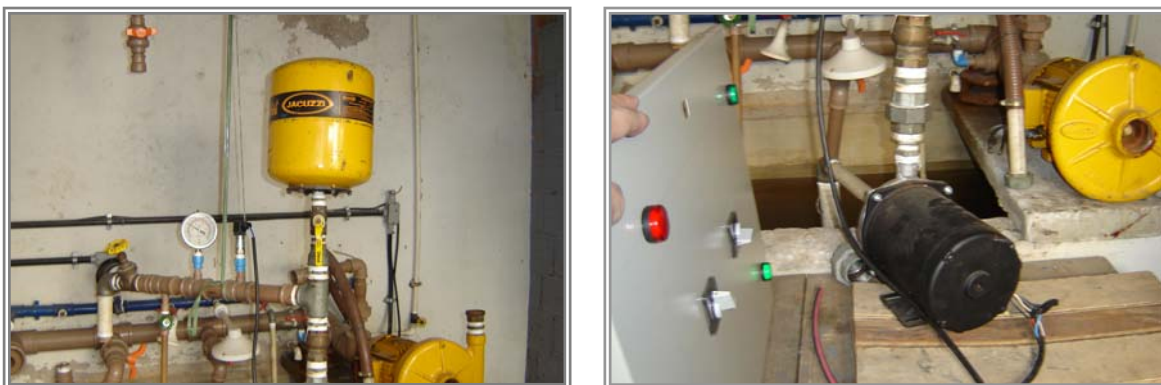


- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1 - Conjunto moto-bomba | 8 – Transmissor de pressão |
| 2 - Tubo de ferro galvanizado | 9 - Manômetro |
| 3 - União | 10 – Manta de neoprene |
| 4 - Válvula de retenção | 11 – Base de concreto |
| 5 - Registro gaveta | 12 – Calços |
| 6 - Curva 90° | 13 – Piso |
| 7 - T d7e 90° | 14 – Bucha de redução |

Ilustração 77 – Montagem de sistema de pressurização
 Fonte: Iguatemi Bombas e do próprio autor

Este sistema, além de retirar a carga estática do reservatório superior, libera espaço na cobertura da edificação para que a Arquitetura possa efetuar o melhor aproveitamento deste espaço. Além disso, como o motor deste sistema não trabalha com partidas em que a voltagem aplicada a ele é plena, a própria voltagem fornecida pelo sistema de energia, a corrente por ele solicitada no instante da energização é muito menor do que a corrente com ligação sem inversor de frequência, assim, o consumo de energia ao fim de um mês de utilização é menor que o consumo com o sistema que tem acionamento com plena tensão da rede de energia elétrica.

Nas ilustrações 78, 79 e 80 são mostradas as simulações feitas em bancada de teste na empresa Iguatemi Bombas, firma que presta manutenção e montagem em sistemas de bombeamento hidráulico para edificações, onde foi colocado o sistema de pressurização da rede hidráulica controlado por transmissor de pressão acoplado a inversor de frequência, no acionamento do motor da bomba para recalque de água.



Ilustrações 78 e 79 - Tanque pulmão e Moto-Bomba



Ilustração 80 - Manômetro e Transmissor de pressão
Fonte: Arquivo do autor

Nesta simulação, trabalhou-se com uma pressão de 2 Kgf/cm² (*set-point*) estabilizada para manter a rede pressurizada, equivalendo a 20 mca. Nesta condição, o transmissor envia sinal de 4 mA para o inversor informando que a rotação do motor deve ser zero ou seja, inversor desligado. Abrindo-se um pouco o

registro gaveta, a água sai da tubulação, inicia a vazão e com isto a pressão na rede cai para valor abaixo de 2 kgf/cm², que corresponde ao valor ajustado no manômetro. O transmissor de pressão (do tipo piezo-resistivo) mede a pressão do processo através de um elemento chamado diafragma. Este se encontra em contato direto com o fluido e à medida que a pressão varia, o diafragma é pressionado com intensidade proporcional. Um pequeno sensor localizado na parte interna do diafragma converte a variação de pressão em uma variação proporcional de resistência elétrica. Um pequeno circuito eletrônico transforma esta informação em um sinal proporcional de corrente 4-20 mA, que é enviado ao inversor de frequência. O inversor imediatamente é ligado e faz o motor girar com velocidade proporcional a variação da pressão na rede, até que seja estabilizado o sistema. Como, nesta situação o motor não trabalha em sua máxima velocidade, a corrente solicitada por ele é muito menor e desta maneira, também o consumo de energia elétrica. Nas ilustrações 81, 82 e 83 estão mostrados os inversores de frequência utilizados nesta simulação.

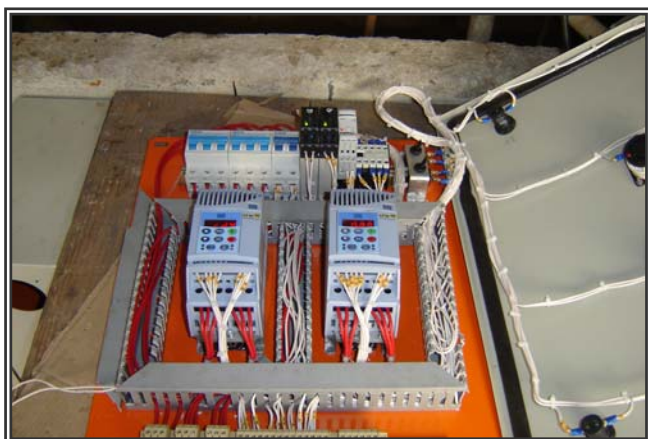


Ilustração 81 - Quadro com inversores de frequência.

Fonte: Arquivo do autor



Ilustração 82- Inversor de frequência – velocidade 208,8 rpm

Fonte: Arquivo do autor

Na ilustração 82 é mostrado que depois de aberto o registro de gaveta e ter escoado água pelo tubo, ocorre perda de pressão no sistema, o transmissor envia sinal ao inversor e este inicia o acionamento do motor da bomba com velocidade de 208,8 rpm.



Ilustração 83 – Inversor de frequência – velocidade 855,6 rpm
Fonte: Arquivo do autor

Como, a velocidade de 208,8 rpm não é suficiente para que a bomba possa compensar a vazão, e logicamente a pressão do sistema, o transmissor de pressão envia sinal proporcional ao inversor de frequência para que este aumente a rotação do motor e igualmente a bomba aumente a vazão de recalque, atingindo 855,6 rpm mostrado na ilustração 84, estabilizando novamente o sistema e desligando o motor.

Neste sistema, não é necessário o reservatório de acumulação superior, pois o sistema passa a ser controlado pela pressão de forma que, o motor pode vir a ficar trabalhando durante um grande período de horas, entretanto, ele estará flutuando em variações de rotações e nunca em rotação plena, minimizando o consumo de energia e as altas correntes solicitadas pelo motor no momento de sua ligação. Por outro lado a Arquitetura pode melhor aproveitar o espaço do terraço e a estrutura ficará sem a presença da carga estática distribuída.

3.8.7 Custo do Ciclo de Vida

No trabalho “O custo do ciclo de vida como factor de economia – Manual de Engenharia” (RIMISIO, 2005) é apresentado um exemplo de análise para sistemas de bombeamento de água em edificações verticalizadas, utilizando o conceito de custo do ciclo de vida como ferramenta de ajuda para minimizar desperdícios e maximizar rendimentos nos sistemas de bombeamento de água. São comparadas duas soluções; Alternativa A - a de elevar água para um reservatório superior, o qual

abastecerá por gravidade toda a rede e Alternativa B - de utilizar um sistema pressurizado com variador de frequência.

O funcionamento do primeiro sistema de pressurização é por ciclos, em função do volume do reservatório superior. No final de um ciclo (diário) o volume de água elevado será igual ao volume de água consumido. Para este sistema foi considerado um período diário de bombeamento de 8 horas.

No segundo sistema, o bombeamento será efetuado diretamente para a rede de distribuição, acompanhado de flutuações de vazões. Neste sistema foi estimado o mesmo perfil de carga definido para o primeiro sistema, por tratar-se de uma simplificação conservativa, uma vez que em muitas situações o consumo de energia será inferior ao simulado.

Nesta análise foram utilizados os seguintes critérios e suposições; os custos dos equipamentos são de valor médio no mercado, preço da energia de 0,08 €/kWh e a eficiência do motor de 90%; custo anual para manutenção periódica para bombas é de 500 € por ano com custo de reparação de 1000 € cada segundo ano, projeto com vida para 15 anos, a taxa de juros e a taxa de inflação foram consideradas iguais a 3,5%.

Foi desprezado o custo da energia hora-sazonal, não foi considerado custos de eliminação ambiental, não foram considerados os custos decorrentes da construção do reservatório superior e o acréscimo estrutural no edifício.

Os cálculos do custo do ciclo de vida para cada um dos dois sistemas analisados são mostrados na tabela 6. A correta escolha de todos os componentes de um sistema de bombeamento apresenta-se como uma oportunidade para redução nos custos globais da instalação ao longo de sua vida útil.

Nesta análise, a instalação de um sistema pressurizado com inversor de frequência mostra-se como a solução mais flexível, apesar de apresentar-se como a solução de maior investimento inicial apresenta os menores custos energéticos.

Tabela 6 – Custos de Ciclo de Vida para Alternativas A e B
 Fonte: O custo de ciclo de vida como factor de economia(RiMISIO,2005)

	Alternativa A	Alternativa B
Investimento inicial (€)	6646	10406
Custo da Energia (€/kWh)	0,08	0,08
Consumo de Energia (kWh/ano)	16223	7136
Custo de Energia (€)	19468	8563
Custos de manutenção (€)	500	1000
Custos de Reparação c/ 2 anos (€)	1000	1000
Outros Custos Anuais (€)	300	-
Custos ambientais (€)	-	-
Vida útil	15	15
Taxa de juros (%)	3,5	3,5
Taxa de Inflação (%)	3,5	3,5
Valor do Custo do Ciclo de Vida(€)	41414	33696
(R\$)*	(R\$107.656,93)	(87593,76)

* Valor tomado : 1€ → R\$ = 2,59953 - data de 20 setembro de 2007

$$CCV = C_{ci} + C_{ie} + C_{Ce} + C_0 + C_m + C_a \dots\dots\dots(12)$$

CCV - Custo do Ciclo de Vida

C_{ci} - Custos iniciais (construção civil, moto-bombas, tubulações, etc)

C_{ie} - Custos de Instalação e ensaios (pré-operação e ensaios)

C_{Ce} - Custos energéticos (operação do sistema incluindo controles)

C_0 - Custos de operação (mão-de-obra e supervisão)

C_m - Custos de manutenção (reparos previstos e de rotina)

C_a - Custos ambientais

3.9 Sistema de Gerenciamento de Energia

A energia é um mecanismo essencial que movimenta as economias modernas. Dentre as várias formas de energia, a elétrica é a mais versátil, prática e eficiente. Investimentos em energia, especialmente elétrica, atingem muitas centenas de bilhões de dólares por ano, ao redor do mundo. Portanto, o gerenciamento eficiente da energia elétrica é um objetivo da maior importância na decisão da Arquitetura, para uma edificação verticalizada. O edifício será visto pela concessionária de fornecimento de energia como um consumidor, e como tal, terá a tarifa de energia elétrica correspondente a sua modalidade. Assim, duas modalidades principais podem estar presentes; Tarifa Monômnia a qual contempla somente o uso de um preço para a energia elétrica consumida (quilowatts-hora) ao longo de um período de tempo, em geral, 30 dias e Tarifa Horo-Sazonal corresponde à medição de energia elétrica (quilowatts-hora) e potência elétrica (quilowatts) que é registrada em uma seqüência de períodos.

3.9.1 Fator de Potência e Excedente de Reativo

O fator de potência indica qual porcentagem da potência total aparente (kVA – quilo – volt - ampère) é efetivamente utilizada como potência elétrica ativa (kW – quilowatt). A razão entre a potência ativa e a potência aparente de uma instalação se constitui no fator de potência. Desta maneira, o fator de potência mostra o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos, de maneira que, valores próximos de 1,0 indicam o uso eficiente da energia elétrica, enquanto valores baixos evidenciam seu mau aproveitamento, além de representar uma sobrecarga para todo o sistema elétrico.

Como os quantitativos de cargas elétricas utilizadas nas instalações de infraestrutura necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, motores e reatores para lâmpadas, haverá um consumo de potência elétrica ativa na execução de trabalho enquanto a potência reativa (quilo – volt - ampère reativo) circula ocupando um espaço no sistema elétrico, sem produzir trabalho, como mostrado na ilustração 84.

De maneira a estabelecer um valor para a potência reativa circulante, o decreto nº. 479 de 20 de março de 1992, estabeleceu o valor mínimo para o fator de potência

igual a 0,92, que foi mantido pela resolução 456 de 29 de dezembro de 2000 da Aneel – Agencia Nacional de Energia Elétrica.

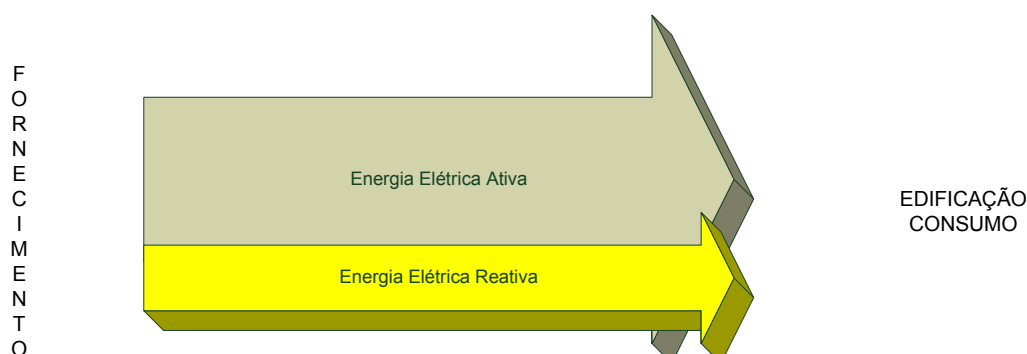


Ilustração 84 - Representação das energias ativa e reativa circulantes
Fonte: Concepção do autor

Assim, de acordo com a legislação, a resolução da ANEEL estabelece que para cada kWh consumido de energia elétrica ativa é permitido o consumo de 0,425 kvarh de energia reativa. Isto corresponde a um fator de potência médio horário mínimo igual a 0,92, de maneira que, se a instalação elétrica apresentar um fator de potência inferior a 0,92 é porque na mesma o consumo de energia reativa é superior a 0,425 kvarh, estabelecendo que há um valor de reativo excedente ao permitido sendo consumido, sendo o consumidor faturado sobre este excesso.

No projeto da edificação a Arquitetura necessita levar em conta o trabalho feito pelas cargas elétricas de predominância indutiva, isso é, motores e reatores para lâmpadas, de maneira que possa ser determinada a potência elétrica ativa e a potência elétrica reativa, através do valor descrito por cada fabricante ao seu equipamento. Esta determinação irá permitir verificar o fator de potência final da instalação, antes mesmo de seu pleno funcionamento. Caso, o valor encontrado seja inferior ao estabelecido na resolução da ANEEL, isto é, 0,92, será então determinado quanto de carga reativa (capacitores) deverá ser instalado para compensar o reativo excedente da instalação.

Como o funcionamento destas cargas é variável, o fator de potência deverá ser controlado automaticamente através de duas ações distintas; cálculo da potência

capacitiva (processamento) e o chaveamento (liga-desliga) das fontes capacitivas (capacitores) em horários adequados (comando). O processamento pode ser realizado de duas maneiras; fora-de-linha (off-line) e a outra em linha (on-line). O comando pode ser em tempo real ou em tempo pré-definido.

Devido às condições de medição e faturamento do excesso de reativo, o controle automático do fator de potência pode ser feito pelos seguintes métodos:

- Processamento dos dados fora-de-linha e comando em tempos predefinidos;
- Processamento dos dados fora-de-linha e comando em tempo real;
- Processamento de dados em linha e comando em tempos predefinidos;
- Processamento de dados em linha e comando em tempo real.

O uso de controlador de fator de potência irá permitir modular a carga capacitiva que será compensada, para que o fator de potência da instalação não apresente valores inferiores a 0,92. Na ilustração 85 é mostrado um controlador de fator de potência.



Ilustração 85 - Controlador de Fator de Potência
Fonte – EMBRASUL modelo CM2010 – março 2007

Como este componente será utilizado no gerenciamento da energia da edificação, a comunicação do CM2010 com o sistema de supervisão do gerenciamento pode ser feita através de cabeamento na porta serial RS485 com protocolo *Modbus*. Esta comunicação irá permitir o sistema manter registros diários e mensal do comportamento da carga elétrica assim como, gráficos relativos ao fator de potência.

3.9.2 Medição de Energia Elétrica Localizada

A cultura do desperdício ainda é muito forte no Brasil, especificamente quando se trata de energia elétrica. O gerenciamento do consumo de energia elétrica na edificação não é abordado na fase de projeto do edifício e tão pouco, posteriormente quando de sua operacionalidade. Assim, fica relegada ao único medidor de energia elétrica instalado pela concessionária, na edificação, a aquisição de dados em sua memória de massa, para, através de seus registros fornecerem o consumo de energia elétrica de toda a instalação de infra-estrutura, existente no edifício. Este registro torna-se arquivo da concessionária de energia.

Como, nos edifícios comerciais há uma variabilidade de cargas presentes, sendo estas alimentadas com energia elétrica, onde se encontram distribuídas nos sistema de refrigeração, sistema de exaustão, sistema de iluminação, sistema de bombeamento, sistema de transporte vertical, sistema de geração de emergência, não há um acompanhamento de seus consumos, ficando este, sob a responsabilidade da medição da concessionária. Nesta situação, a administração do edifício não consegue identificar dentro do consumo total mensal de energia quais parâmetros contribuem mais ou menos para este consumo, e, nesta situação fica comprometida também à demanda contratada com a concessionária, pois não há como se ajustar seu valor.

O uso de medidores para acompanhamento da potência de demanda e consumos irão flexibilizar a localização pontual nos sistemas quanto ao seu comportamento no âmbito da carga, permitindo uma análise mais racional para retirada de cargas em determinados horários ou redução parcial desta, bem como, ao uso de fontes alternativas de geração de energia para redução nos custos da demanda e energia de consumo, evitando-se o desperdício e melhorando as condições conservativas da energia. O uso de controlador para demanda, retiradas e recolocação de blocos de cargas elétricas em determinados ciclos de horários diários, devem permitir alterações no ajuste no controlador de demanda, para melhorar a eficiência do sistema, isto é, diminuir ou aumenta os valores contratados. Entretanto, se não há registros de valores demandados e consumidos, os ajustes a serem feitos podem não ser eficientes no sistema geral.

É possível hoje, a utilização de medidor específico ou multimedidor para leitura e aquisição de dados no sistema elétrico. Estes medidores permitem comunicação através de portas RS 232 ou RS 485. Abaixo, nas ilustrações 86,87 e 88 são mostrados, um medidor eletrônico, um multimedidor eletrônico e um gerenciador de energia.



Ilustração 86 - Medidor eletrônico de energia ativa, reativa e demanda.
Fonte: Landis & Gyr - modelo SAGA 2000 – agosto2007



Ilustração 87 – Multimedidor eletrônico
Fonte: Embrasul - modelo MD4000 – agosto2007



Ilustração 88 – Gerenciador eletrônico de energia
Fonte: ACS - modelo micoMACS G64 Plus – agosto2007

O gerenciador de energia possui portas seriais RS 232 e RS 485 para comunicação com medidores, transdutores e softwares supervisorio, efetuando o monitoramento e registro de diversas grandezas elétricas; Demanda, Consumo de Energia, Fator de Potência, Tensão, Corrente, Distorção Harmônica, Freqüência, etc. Podendo também efetuar o monitoramento e registro de Vazão e Consumo de água, gás, etc. Utiliza protocolo *MODBUS* para comunicação com qualquer software supervisorio existente no mercado brasileiro, tipo, *Fix*, *In Touch*, *Elipse*, *SisACS2000*, etc. Nas ilustrações 89 e 90 são mostradas telas do sistema supervisorio, e na ilustração 91 o relatório gerado em função da tela.

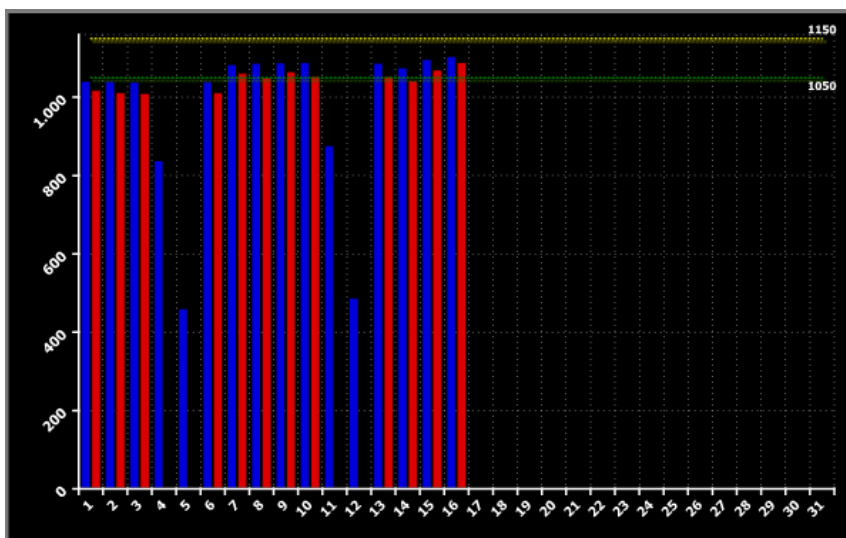


Ilustração 89– Tela de Demanda mensal horário na ponta e fora de ponta
Fonte: ACS - SisACS2000 supervisorio – agosto2007

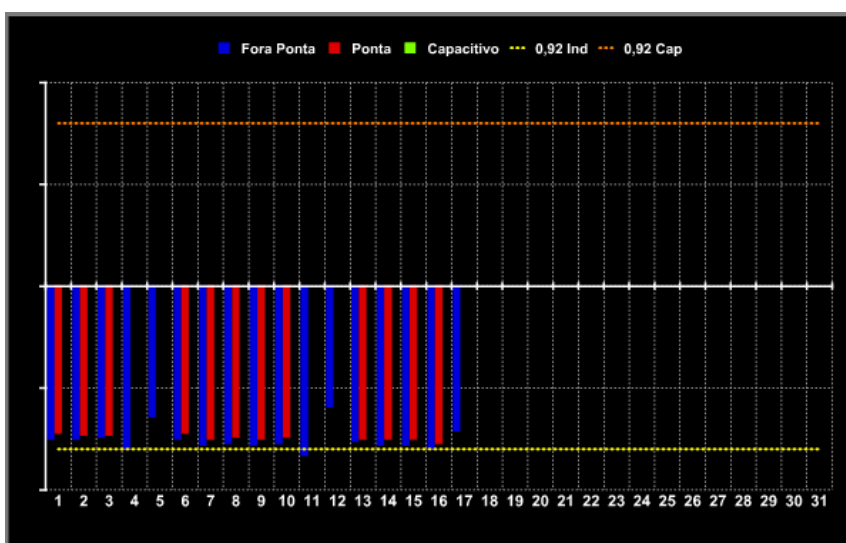


Ilustração 90 – Tela de Fator de potência mensal na ponta e fora de ponta
Fonte: ACS - SisACS200 supervisorio – agosto2007

Demanda Ativa Mensal

agosto de 2007

Edifício Comercial 1 - Concessionária de Energia



Legenda

1 - Fora Ponta 2 - Ponta 3 - Consumo Fora Ponta 4 - Consumo Ponta

Dados Registrados

Data	1	2	3	4
01	1.037	1.014	15.174	2.936
02	1.037	1.007	16.022	2.949
03	1.035	1.005	15.523	2.888
04	834,4	0	14.866	0
05	455,3	0	10.316	0
06	1.036	1.007	15.387	2.938
07	1.079	1.057	16.159	3.044
08	1.083	1.046	15.878	2.972
09	1.084	1.061	16.197	3.062
10	1.085	1.049	16.603	2.994
11	872,5	0	15.439	0
12	482,7	0	10.623	0
13	1.082	1.049	15.341	2.992
14	1.071	1.038	16.689	3.003
15	1.093	1.065	16.755	3.019
16	1.100	1.085	16.601	3.099
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0

Estatísticas

Horário	Demanda Máxima	Data	Consumo	Fator de Carga
Fora Ponta	1.100	16/08/2007 15:45	243.573	0,637
Ponta	1.085	16/08/2007 17:45	35.895	0,919
Total			279.468	0,662

Ilustração 91 – Relatório gerado pela tela de Demanda mensal
 Fonte: ACS - SisACS2000 supervisor – agosto2007

Os relatórios correspondentes de cada tela gerada pelo sistema supervisorio tem como finalidade manter um registro impresso de valores numéricos das grandezas elétricas que estejam sendo medidas. Assim, é possível um acompanhamento diário destas grandezas, permitindo posteriormente ajuste da mesma. O gerenciamento será possível, com a utilização de medidores e de um sistema supervisorio para gerar relatórios de acompanhamento que irão permitir os ajustes necessários nos sistemas.

CAPÍTULO 4

USO DA AUTOMAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFICAÇÃO

4.1 A Arquitetura Como Aliada

Um edifício não é inteligente só pelo fato de conter muitas tecnologias avançadas, mas sim porque foi desenhado desde sua fase inicial de projeto para ser inteligente (ROMÉRO, 2001). Desta maneira, um edifício que pretende ser energeticamente eficaz não o será, somente porque dispõe de um sistema de climatização com redução de consumo. Entretanto, edifícios já construídos e em funcionamento podem receber sistemas que permitam a integração de funcionalidade e conforto, através da racionalidade de suas funções. Assim, a implantação destes sistemas, prevista desde o início do projeto da edificação proporcionará melhores probabilidades na abordagem de forma integrada na utilização de equipamentos de elevada tecnologia.

Vivemos em um país onde maior parte do território apresenta configurações climáticas relativamente amenas, em que edifícios bem projetados podem proporcionar conforto térmico sem a necessidade maciça de condicionamento artificial. Mas, mesmo em casos em que esse condicionamento seja inevitável, um projeto bem elaborado tecnicamente contribuirá para reduzir o consumo de energia elétrica e, ao mesmo tempo, aumentar a qualidade do ambiente.

4.1.1 Confiabilidade da Instalação Elétrica

A confiabilidade de um componente resulta do conjunto de ensaios previstos pela sua norma específica. Estes ensaios são efetuados nas condições correspondentes àquelas em que o componente é suscetível de funcionar durante sua vida útil. Estas condições devem levar em conta não somente situações normais de funcionamento e de ambiente, mas também situações, que podem levar a solicitação mais severa. Embora sejam difíceis, as análises de laboratório permitem avaliar *a priori* as conseqüências sobre as características dos componentes e a redução da vida útil.

A confiabilidade de uma instalação elétrica depende de cada um dos componentes desta instalação, função da escolha adequada dos componentes em relação às influências externas e das condições de alimentação e de utilização (RÉMOND, 2003).

É evidente que não é possível reproduzir fielmente todas as situações em que um componente pode se encontrar durante sua vida útil, já que estas situações são variáveis em função das condições reais de funcionamento e de operação. A vida útil é aquela durante a qual um componente ou uma instalação pode garantir sua função nas condições normais.

Os condutores, cabos elétricos caracterizam-se, do ponto de vista de suas condições de uso, por um valor de corrente admissível que depende de suas seções, da natureza do material condutor, das isolações, coberturas, e da maneira de instalar.

A vida útil, que é estimada, segundo os fabricantes de cabos, em 30 anos significa que um condutor pode ser percorrido por sua corrente admissível durante 30 anos sem incidentes. Entretanto, um condutor não é nunca percorrido permanentemente por sua corrente admissível, já que as cargas alimentadas são geralmente muito variáveis. Em compensação, os condutores são submetidos as correntes de sobrecarga ou de curto-circuito, que provocam a ultrapassagem da temperatura admissível e contribuem para reduzir a sua vida útil.

Assim, a vida útil de um condutor depende da intensidade da corrente que o percorre em serviço normal e das correntes de sobrecarga ou de curto-circuito a que pode estar submetido. Estas correntes e o número de sobrecorrentes a que um condutor pode estar submetido durante sua vida útil dependem do tipo de instalação e das condições de operação

Nos últimos anos, os procedimentos de reabilitação de instalações em edificações, são cada vez mais solicitados a Arquitetura, e esta solicitação deve-se dentre as seguintes causas; novas necessidades e tecnologias (melhoria do conforto e da qualidade do ambiente, desenvolvimento da automação predial e residencial) cuja influência sobre o projeto e a operação das instalações implica uma maior transparência no gerenciamento dos tempos de intervenção e dos custos; integração dos critérios de qualidade, e confiabilidade na escolha dos componentes e das características das instalações, levando em conta também possíveis previsões de expansão.

4.1.2 Marcação dos Condutores Elétricos

A marcação dos condutores elétricos é um dos elementos mais importantes na função de manutenibilidade (RÉMOND, 2003). As intervenções nas instalações elétricas para reabilitação, exigem o conhecimento e a identificação dos diferentes componentes, e dos condutores dos diferentes circuitos. Marcações fáceis de compreender e tão completas quanto possível permitem intervenções rápidas, eficazes e seguras. A capacidade de intervenção é particularmente importante em caso de incidente e de reparação. Uma marcação deve ser compreensível permitindo não haver necessidade de consultar um esquema. Os princípios básicos a que deve satisfazer a marcação dos condutores são aplicados de forma diferente, segundo o papel da marcação e a importância da instalação. A marcação dos condutores elétricos responde a dois objetivos:

- a) Segurança, destinado a identificar a polaridade de cada condutor, cuja marcação é feita por meio de cores.
- b) Funcional, destinado a identificar o circuito a que pertencem os condutores e os componentes aos quais estão conectados, cuja marcação é feita por meio de sistemas alfanuméricos.

Marcação por Cores – A marcação por cores refere-se à identificação dos condutores fase, do condutor neutro e do condutor de proteção (terra). As disposições correspondentes são definidas pela norma NBR 5410 da ABNT.

Marcação Alfanumérica – A marcação alfanumérica é um sistema que permite identificar os condutores por meio de marcadores localizados nas extremidades e, se necessário, em locais visíveis ao longo do seu percurso.

Medidas de segurança obrigatórias, como o uso de condutor terra ainda é raro em boa parte das instalações, e a sobrecarga nas tomadas de corrente é grande. Nas construções mais antigas, outro dado preocupante, apenas uma pequena parte passou por reformas ou reabilitação. O estudo feito pelo Procobre (REVISTA UNIVERSO DO COBRE, 2003), nas edificações na cidade de São Paulo, é uma importante visão das instalações elétricas na cidade. Dessa forma, é necessário redirecionar algumas ações, investindo em novos projetos e fortalecendo as medidas de reabilitação das instalações.

Os projetistas e instaladores brasileiros, têm por hábito utilizar condutor de proteção comum a vários circuitos. Assim, o conceito de Terminal de Alimentação Principal (TAP) não é praticado nas instalações comerciais. Desta maneira, não existe a concepção de equipotencialidade na instalação, pois, os diversos sistemas de proteção continuam sendo tratados como sistemas isolados.

O Procobre – Instituto Brasileiro do Cobre, através de pesquisa feita, e que não sofreu mais nenhuma atualização, verificou juntos a instaladores, que os profissionais cumprem rigorosamente as prescrições das concessionárias de Energia Elétrica e Telefonia, que não consideram a interligação entre os diferentes sistemas de aterramento, significando com isto, uma separação no sistema de aterramento, da telefonia, separado do pára-raios, que por sua vez é separado do de informática e assim por diante (MORENO, 1996).

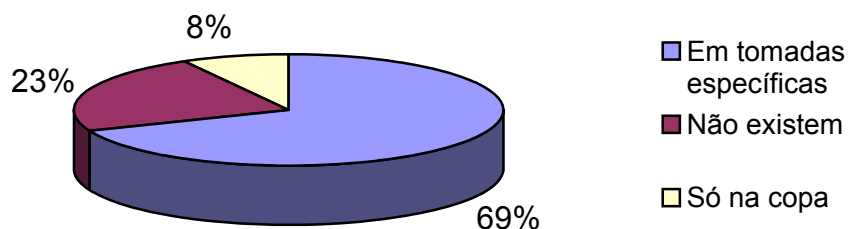


Gráfico 4 - Uso do condutor de proteção em circuitos terminais em edificações comerciais.

Fonte: Moreno, Hilton - Revista Eletricidade Moderna - novembro 1996.

O aterramento nas instalações elétricas é de vital importância para os equipamentos de tecnologia avançada, assim, nas instalações rehabilitadas, devem participar diretamente com a implantação do cabeamento de dados e comunicações, todos em único potencial de aterramento.

4.1.3 Sistema de Cabeamento

Ao longo das últimas décadas, novas tecnologias geraram uma tendência em direção à união de comunicações e métodos de sinalização de controle industrial. Diferentes tecnologias oferecem vantagens inéditas; no entanto, todas requerem uma camada física robusta e confiável, capaz de suportar as camadas superiores da arquitetura. A integração de diferentes tecnologias depende de soluções baseadas em padrões, que desempenham um papel essencial no conceito do edifício inteligente. Há tempos que equipamentos como sistemas HVAC (calefação, ventilação e ar condicionado), controle de iluminação, segurança, alarmes de incêndio, detecção de fumaça, serviços de voz, vídeo e dados usados em edifícios têm sido projetados e instalados por diferentes grupos, trabalhando de forma independente um do outro. Cabe a Arquitetura tornar possível e eficiente a multidisciplinaridade de seu projeto. Esses edifícios devem ser projetados para ser mais compatíveis com o ambiente, tendo melhor gerenciamento de energia do que os projetos padrão anteriores.

O tipo de linha elétrica a ser utilizada na distribuição principal da energia elétrica é aquela denominada de linha elétrica pré-fabricada, que tem sua especificação técnica regida por norma da ABNT (ABNT, 2004). A ilustração 92 mostra barramento pré-fabricado.

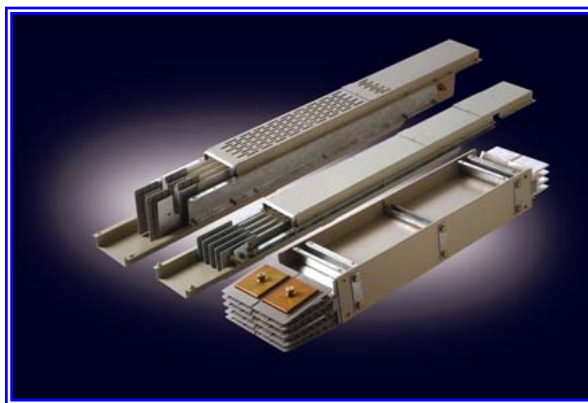


Ilustração 92 - Linha pré-fabricada ou barramento blindado

Fonte: www.siemens.com.br/template - agosto 2007

Esta linha elétrica é utilizada para condução de correntes elétricas onde não são estabelecidos limites de temperatura máxima de trabalho e a queda de tensão é

desprezível em relação ao comprimento da linha elétrica. A denominação “barramento blindado” se deve, basicamente, a forma construtiva destes, que são formados por barras retangulares de material condutor, podendo ser cobre ou alumínio, apoiadas paralelamente sobre suportes isolantes e enclausuradas em caixa metálica de seção retangular, fabricada em chapas fina de aço carbono zincadas.

São fabricadas em trechos típicos de 3,0 m de comprimento e contam com diversos tipos de elementos para, mudança de direção, emendas, derivações e interconexões com outros barramentos. Como, nas edificações, a Arquitetura deve prever a utilização de “shafts”, espaço na construção formado por abertura em todos os pisos dos pavimentos da edificação vertical, para passagem da infra-estrutura, a norma NBR 5410 da ABNT prevê que toda travessia de piso deve ser obturada de modo a impedir a propagação de incêndio. Sendo dispensada deste bloqueio o uso de barramentos blindados.

No uso de condutores elétricos, cabos, estes deverão suportar a chama diretamente de 750°C para estarem montados sem proteção mecânica. Se o condutor estiver no interior de eletroduto de aço, ele poderá ser do tipo anti-chama, entretanto o conduto (eletroduto) terá que ser resistente ao fogo, livre de halogênio e de baixa emissão de gases.

Assim, no *shaft*, a instalação de barramentos blindados para a energização das instalações permite maior garantia de continuidade elétrica de toda a instalação. Como, as barras são blindadas, podem ser ocupados no *shaft* circuitos com voltagem até 1000 Volts e circuitos com voltagem acima de 1000 Volts. Ainda, neste barramento é possível se ter uma barra para o neutro da instalação e outra barra para o terra da instalação. Desta maneira, fica mais fácil manter-se o aterramento para os equipamentos de tecnologia da informação, denominação aplicada a computadores, centrais de telecomunicações, sistemas de alarme de incêndio, segurança patrimonial, redes locais (LAN) e sistemas supervisórios, de forma garantir o funcionamento preciso livre de perturbações geradas por compatibilidade magnética.

4.2 Gerenciamento da Energia Elétrica

Nos projetos de edificações verticais para uso comercial, dependente da carga total de equipamentos elétricos instalada, com consumo de energia elétrica diferenciada, será necessária instalação de uma subestação de energia elétrica para receber alimentação de rede da concessionária e através de transformadores de potência permitir a distribuição da energia para os diversos sistemas que compõem a edificação, tais como; climatização, hidráulica, iluminação, transporte vertical, etc. Como, a responsabilidade do faturamento da energia elétrica consumida é da própria concessionária, esta faz a instalação de um medidor para registro de energia consumida, potência de demanda e fator de potência da instalação, com propósito de cobrança do fornecimento. Assim, a princípio todo o registro é feito pela concessionária. Entretanto, pode durante o projeto, ser estabelecido à instalação de um medidor tipo registrador ou tipo acumulador, para acompanhamento do consumo de energia elétrica pelo condomínio, quando da efetivação do funcionamento das cargas elétricas.

Nesta situação, se o condomínio possui pelo menos um medidor, será possível somente fazer comparação com os valores fornecidos no faturamento da concessionária. Caso, não seja utilizado outro medidor, somente os valores fornecidos no faturamento da concessionária serão utilizados. Desta maneira, não é possível identificar o comportamento energético de cada sistema individualmente quanto ao seu consumo de energia elétrica, ou seja, as variações que são impostas aos sistemas para tentar torná-lo mais eficiente, de forma saber, quanto de energia foi consumida para sucção e recalque de água a ser distribuída pelo sistema hidráulico, ou, quanto de energia foi consumida pelo sistema de transporte vertical na alteração de uso dos elevadores.

4.2.1 Modelo para Gerenciamento de Consumo Locacional

Nos diversos sistemas que constituem a edificação, aquele que apresenta o uso de controlador dedicado a um sistema, não permite a este sistema receber sinal externo para mudanças na sua programação. Nesta situação, o sistema de transporte vertical, possui placa controladora dedicada ao sistema, não permitindo que sinais externos ao seu sistema de supervisão e controle dos elevadores sejam alterados. Neste sistema, a programação é efetuada para atender aos elevadores em diversas

configurações de uso, de maneira que, somente o próprio sistema pode alterar as condições implementadas na programação. O mesmo ocorre com os relatórios gerenciais emitidos pelo sistema, isto é, não podem ser obtidos por outro meio. Entretanto, o sistema permite que sinais de estado, ligado ou desligado, sejam utilizados por sistemas externos. Assim, será possível se ter remotamente a informação de quais elevadores estão ligados e quais elevadores estão desligados. Como, o propósito é se obter registro do consumo de energia elétrica, deverá ser instalado um medidor na barra do quadro de alimentação elétrica dos motores dos elevadores, de maneira que, possa ser efetuado o registro de potência, energia e fator de potência deste conjunto de cargas, conforme mostrado na ilustração 93.

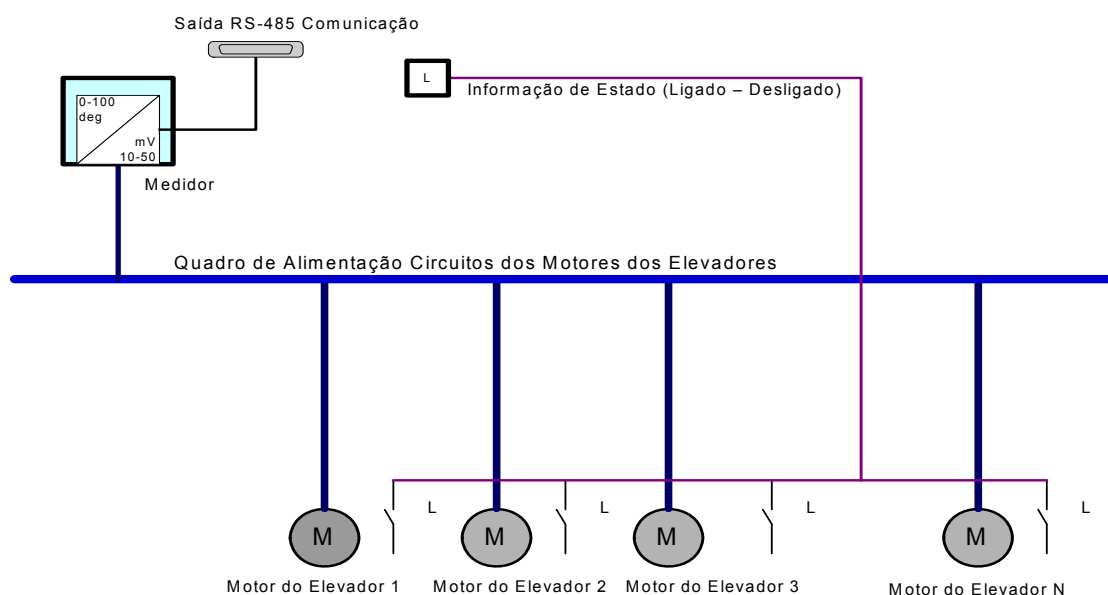


Ilustração 93 – Medição de potência, energia e fator de potência para elevadores.

Fonte: Elaboração do autor

Através da saída de comunicação RS-485 será possível, então, conectar este medidor a um gerenciador de energia ou a um sistema supervisório, permitindo registros em tempo real das grandezas elétricas que estarão sendo medidas. Pelo sinal de estado de cada motor, enviado ao controle remoto, será informado ao sistema supervisório a quantidade de elevadores em funcionamento e a identificação

destes elevadores. Nesta configuração, será possível ao fim de um ciclo de medição, a verificação através de relatório emitido pelo sistema, do comportamento energético para o conjunto, de maneira que, simulações no gerenciamento de tráfego e atendimento de zonas possam melhorar a eficiência do sistema, quanto a sua participação no consumo de energia mensal global da edificação.

A mesma situação estará presente no sistema hidráulico, sistema de iluminação, sistema de refrigeração e sistema de exaustão/ventilação, quanto ao consumo locacional de energia elétrica. Assim, a Arquitetura deverá prever no projeto da infraestrutura da edificação uma distribuição de quadros elétricos que permita instalação de medidor para monitoramento de energia elétrica, da seguinte maneira:

a) Sistema Hidráulico

- Quadro para o subsistema de sucção/recalque de água de consumo.
- Quadro para o subsistema de recalque de poço de águas pluviais.
- Quadro para o subsistema de recalque de poço de esgotos.

b) Sistema de Refrigeração

- Quadro para o subsistema de bombas de água para refrigeração.
- Quadro para o subsistema de chillers/inversores de frequência e/ou torres.

c) Sistema de Iluminação

- Quadro geral para distribuição em subsistemas de ramais.

d) Sistema de Exaustão/Ventilação

- Quadro para o subsistema de ventilação.
- Quadro para o subsistema de exaustão.

A ilustração 94 corresponde ao modelo proposto para o acompanhamento locacional de medição de energia, potência e fator de potência, dos sistemas integrantes da edificação que utilizam alta tecnologia, permitindo assim a gestão do sistema de energia elétrica. Esta diretriz objetiva identificar os consumos de energia função do insumo utilizado.

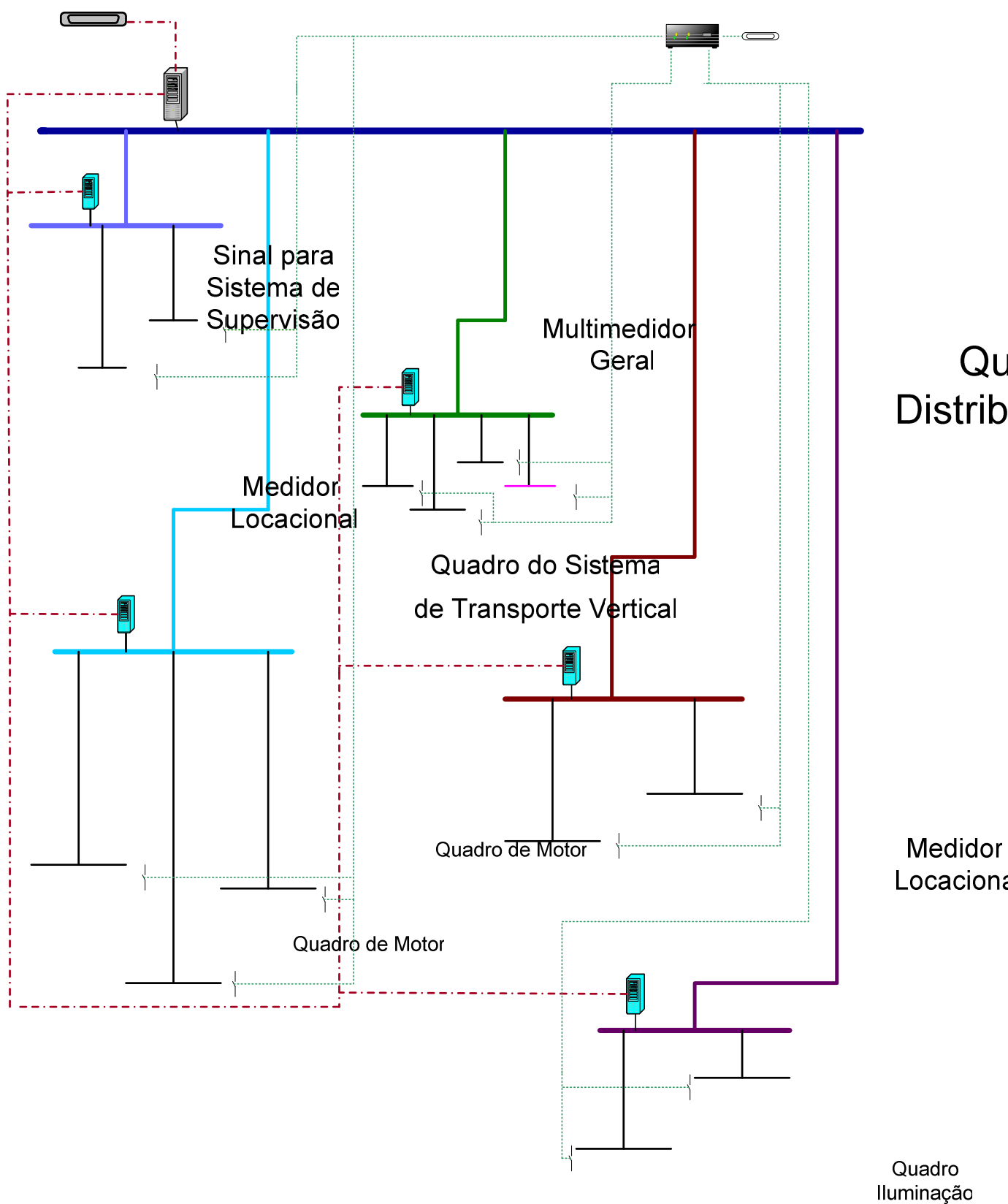


Ilustração 94 - Diagrama de medidores locais.
 Fonte: Concepção do autor

Medidor
 Locacional

Quadro do Sistema

Assim, no consumo hidráulico será possível identificar quanto correspondeu ao bombeamento para água de consumo, águas pluviais e a esgotos, função do período de funcionamento das cargas separadamente. Instrumentando-se os subsistemas e colocando-se sensoriamento, as condições de gestão serão melhores desenvolvidas, tais como, a colocação de medidor de vazão na rede hidráulica de abastecimento para água de consumo, com saída de sinal analógico em 4 – 20 mA que permita ao sistema supervisor receber a informação da vazão utilizada no processo de uso da água de consumo. Como, esta água de consumo tem um preço ao fim do ciclo de medição, estabelecida pela concessionária correspondente, será possível, através do consumo de energia elétrica verificar e identificar a contribuição somente do consumo de água, na totalidade de energia elétrica da edificação consumida no mesmo período do ciclo.

Procedendo desta maneira, nos sistemas de transporte vertical, refrigeração, iluminação, ventilação e exaustão será possível elaborar relatórios de consumos locais que irão permitir identificar através do comportamento de cada subsistema, sua contribuição no consumo total de energia da edificação. Com a base de dados levantada para cada sistema, a melhoria da eficiência no gerenciamento da energia poderá ser alcançada através de implementações a serem efetuadas diretamente no sistema correspondente, visando basicamente à redução dos custos operacionais, conforme relatório divulgado em outubro de 1999 organizado pelo *Council of Tall Building and Urban Habitat*, citado no item 2.4 do capítulo 2, deste trabalho.

4.3 Ar Condicionado

O sistema central de ar condicionado para uma edificação, deve ser previsto durante a fase inicial do projeto de arquitetura. Isto se deve ao tipo de sistema a ser utilizado. A prática mais usual leva o conceito para projeto de sistemas de condicionamento de ar para edifícios de escritórios que contempla o suprimento de ar condicionado através de redes de dutos com difusores uniformemente distribuídos no teto. Este conceito estabelece que uma mistura de ar insuflado com o ar ambiente deve

manter todo o volume a uma temperatura desejada, com uma mínima taxa de renovação do ar.

O sistema de ar condicionado com insuflamento pelo piso é composto por uma câmara de ar frio (pleno), formada pelo vão entre o piso elevado (modular) e a laje de concreto do pavimento, suprido por unidade de resfriamento (*chiller e fan coil*) e complementada por unidades terminais (difusores) que irão distribuir o ar nos ambientes.

No tocante a reabilitação de edificações a utilização de sistema de ar condicionado pelo piso, parece ser a mais adequada (LEITE, 2003). Neste sistema não há dutos de distribuição de ar no espaço entre a laje superior e o forro e o espaço destinado ao suprimento de ar, provavelmente será menor que o necessário para dutos com insuflamento pelo teto. Uma grande parcela de edifícios antigos não foi projetada para conter ar condicionado central e a instalação de sistemas convencionais com insuflamento pelo teto torna-se extremamente difícil, pelo fato da altura livre entre o piso e o teto geralmente ser limitada pelas vigas estruturais. Já os edifícios de escritórios construídos pelo menos nos últimos dez anos fizeram à inclusão de pisos elevados para instalações de sistemas de eletricidade, voz e dados e, a maioria apresenta sistema de ar condicionado com insuflamento pelo teto, originando grande perda de espaço.

A Arquitetura deve observar o potencial de conservação de energia com o sistema de insuflamento pelo piso, que obterá na edificação. De acordo com (LEITE, 2003) “para uma dada temperatura do ar no espaço ocupado, as temperatura do ar de retorno e, conseqüentemente do ar insuflado, no sistema de condicionamento de ar com insuflamento pelo piso são mais altas do que as correspondentes no sistema de distribuição pelo teto.” Tomando a temperatura média do ar no ambiente condicionado igual a 24°C e a temperatura de insuflamento de 14°C, para insuflamento pelo teto e de 19°C para insuflamento pelo piso (LEITE, 2003), seria possível admitir, que não haverá necessidade de refrigeração quando as temperaturas de ar externo forem inferiores a 13°C (para sistema convencional) e a

18°C (para sistema pelo piso). Assim, nesta condição seria possível se prescindir da refrigeração em um período do ano maior no sistema com insuflamento pelo piso do que, com insuflamento pelo teto, tomadas às variações de temperatura na cidade do Rio de Janeiro, mantendo-se somente a ventilação com utilização do ar externo, para se obter as melhores condições internas de conforto.

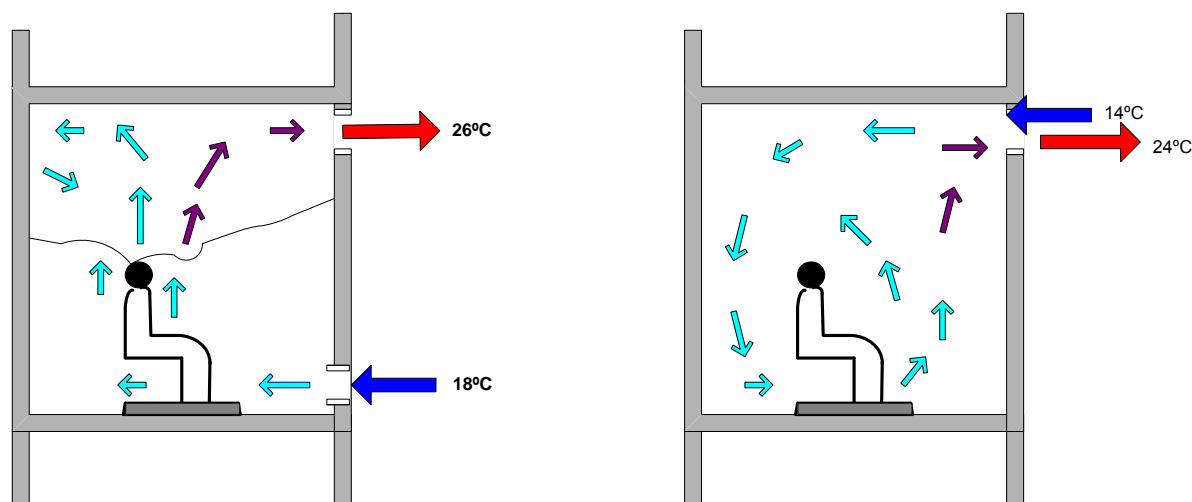


Ilustração 95 – Comparação de temperaturas dos sistemas de insuflamento pelo teto e pelo piso .

Fonte: Leite, 2003 *apud* Skistad,2002

A utilização da automação no sistema de ar condicionado deve contar com a tecnologia de inversores de frequência, no controle da vazão de ar imposta pelo fan-coil correspondente ao insuflamento no ambiente. A pressão no duto de insuflamento deve ser controlada através de um loop do tipo PI (proporcional + integral), função do valor da pressão no respectivo duto. Este loop PI é executado internamente pelo inversor de frequência do ventilador, variando o fluxo de ar no duto, de maneira manter a pressão constante no ponto de ajuste (*setpoint*) efetuado no transmissor de pressão.

Assim, será evitado um distúrbio nas saídas de ar com vazão variável localizada no piso elevado, adequando a alimentação de ar às condições de abertura dos conjuntos atendidos. Um sistema típico de insuflamento pelo piso é mostrado na ilustração 96, com condicionamento por volume de ar variável efetuada através de *fan coils* (ventiladores).

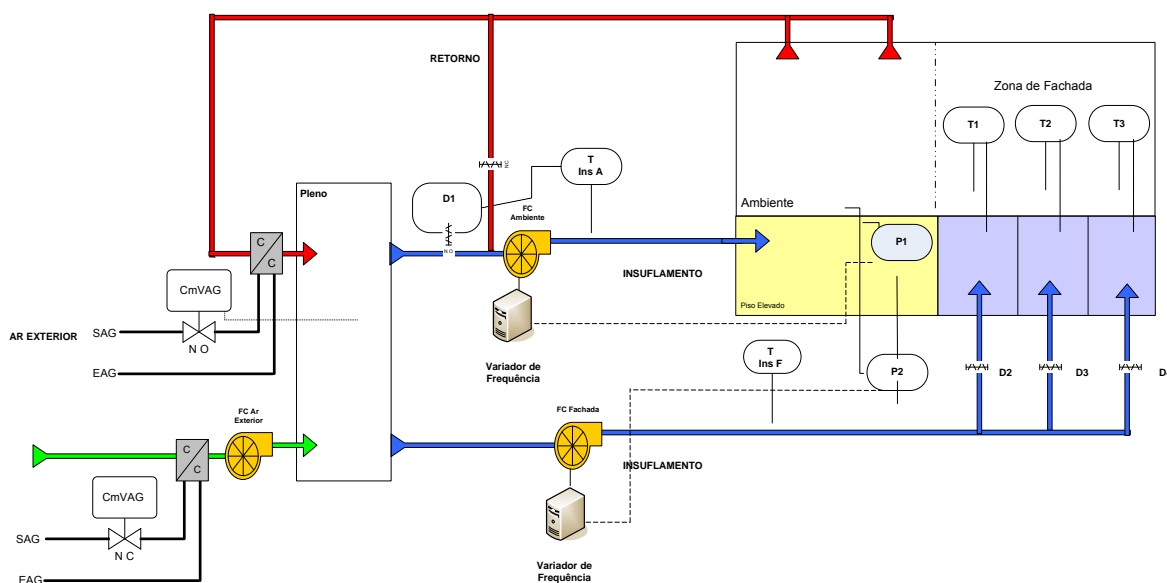


Ilustração 96 – Sistema de ar condicionado com insuflamento pelo piso.
Fonte: Concepção do autor

Neste sistema há 2 caminhos de insuflamento, sendo um feito diretamente para o ambiente e o outro para a fachada da edificação. Como, na fachada, geralmente é onde há maior concentração de área envidraçada, recebendo maior quantidade de radiação solar, o insuflamento neste local irá permitir um melhor controle da temperatura do ambiente. Este controle, para o ambiente, é feito em função do valor da temperatura de insuflamento (T Ins A), que forma uma loop com o inversor de frequência do *Fan Coil* (ventilador), assim, o transmissor de temperatura envia sinal proporcional ao atuador do *Damper* (D1) sobre o ar resfriado, aumentando ou diminuindo a passagem de ar. Já o controle de temperatura para as fachadas é feito em função do valor da temperatura dada pelos transmissores nos diversos pontos da fachada (T1), (T2), (T3) enviando sinal proporcional aos Dampers (D2), (D3), (D4), aumentando ou diminuindo a passagem de ar por volume variável feito pelo *Fan Coil*.

A Arquitetura deve considerar, que ao projetar a edificação para uso comercial à locação pós ocupacional pode encontrar situações não previstas no projeto, tal como, o uso de um determinado espaço por quantitativo de pessoal maior que o

considerado em projeto. Nesta situação, podemos ter uma empresa de *Telemarketing*, utilizando o espaço projetado para um número de participantes do ambiente, ocupado agora, com uma massa crítica maior. Nesta situação, o conforto térmico poderá ficar comprometido. Para que o sistema de climatização possa compensar tal variabilidade, a automação pelo processo de variadores de frequência junto à *fan coil*, permitirá melhor controle da vazão de ar no insuflamento do ambiente. A técnica de piso frio também permitirá melhor distribuição de ar para os usuários em situações como esta. O uso de insuflamento junto a fachadas de vidro com controle de temperatura, permitirá ao sistema uma realimentação de melhor condição térmica do ambiente.

4.4 Sistema Hidráulico

Para o sistema de sucção e recalque de água em edificações a serem projetadas, a Arquitetura deve utilizar-se da automação, com a utilização de transmissores de pressão atuando em inversores de frequência, no controle de vazão de água, para o sistema de distribuição, conforme descrito no item 3.8 do capítulo 3 deste trabalho, retirando neste tipo de instalação, a necessidade do uso de reservatório superior.

Para a reabilitação de edificações com instalações em operação, normalmente estas edificações utilizam no sistema de sucção e recalque de água, sistemas de dois reservatórios, um inferior e outro superior. O controle do nível do líquido dos reservatórios é efetuado através de bóia por ser isenta do efeito de variação de densidade do líquido. O sistema de controle de nível por bóia baseia-se na mudança de altura de um flutuador colocado na superfície do líquido. Seu movimento transmite uma informação discreta controlando limites máximos e mínimos por meios mecânicos ou elétricos, servindo nesse caso como uma chave de nível (chave-bóia), que bloqueia a admissão do fluido quando atinge seu limite máximo e libera-o quando atinge o limite mínimo através de um acionamento efetuado na moto-bomba. Como estes acionamentos são efetuados por meios eletromagnéticos, contadores, para permitirem energizar às bobinas estáticas dos motores, ocorrem durante o transitório de partida dos motores, altas solicitações de corrente elétrica (6 a 9 vezes a corrente nominal do motor), que fazem com que o sistema elétrico tenha um

consumo de energia elétrica maior que o necessário, além, de necessitarem de dispositivos de seccionamento para os circuitos (chaves seccionadoras) e dispositivos de proteção para curto circuito e sobrecarga (fusível e rele térmico).

Para que possa haver um controle mais preciso do nível em cada reservatório, em regime contínuo, e este possa ser utilizado em um sistema supervisório na edificação, deverá ser utilizada medição de nível do líquido por medidor transmissor ultra-sônico. O ultra-som é uma onda sonora, cuja frequência de oscilação é maior que aquela sensível pelo ouvido humano, isto é, acima de 20 Khz. A medição de nível por ultra-som baseia-se na medição do tempo necessário para um pulso de ultra-som percorrer a distância entre o sensor e o nível do líquido a ser detectado (ida e volta). Este trem de pulsos emitido pelo sensor (que deve ser instalado acima do líquido a ser medido) é refletido pela superfície do material. Um circuito eletrônico processa o sinal recebido (eco - refletido pela superfície do material) e calcula a partir do tempo a distância entre o sensor e a superfície. Esta informação é processada e fornecida em sinal proporcional de 4 a 20 mA.

Para acionamento da moto-bomba deverá ser utilizada uma chave de partida estática (*soft-starter*). Esta chave por ser controlada por circuito eletrônico dedicado, permite no ciclo de partida (acionamento) do motor, ajustar uma rampa de aceleração, fazendo com que o motor possa ser acionado em método mais suave, não necessitando de alta corrente na partida e, conseqüentemente menor consumo de energia, sendo o torque (conjugado) produzido ajustado as necessidades da carga.

Da mesma maneira, quando de seu desligamento, uma rampa de desaceleração será estabelecida, não permitindo que o motor desligue instantaneamente evitando a possibilidade do golpe de aríete na instalação hidráulica. Como, a coluna de água que o motor terá que vencer para movimentação da massa líquida exige no acionamento convencional, feito através de chaves magnéticas, grande solicitação de corrente elétrica, é possível para este caso, utilizar-se processo para reduzir esta corrente durante o transitório de partida, através de ligações que permitam comutar

os enrolamentos estatóricos do motor em estrela e triângulo, mas mesmo assim, ainda há uma grande solicitação de corrente elétrica.

A comparação entre os três tipos de acionamentos, direto com a voltagem plena da rede de energia, redução da corrente durante o transitório de partida com uso de contadores eletromagnéticos ligando os enrolamentos do motor em estrela e em triângulo, aceleração suave em rampa por chave estática, estão mostrados no gráfico 5.

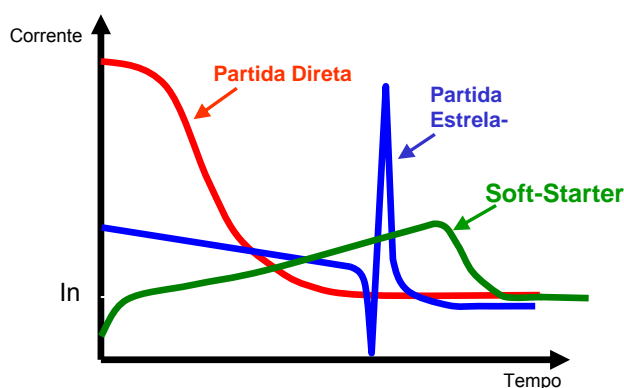


Gráfico 5 – Comparativo da corrente elétrica na partida de motor elétrico.
Fonte: www.weg.com.br - setembro, 2007

A utilização da chave estática faz com que seja necessário somente o uso de fusíveis na proteção contra curto circuito, na fiação de alimentação do motor elétrico, dispensando os demais componentes que são utilizados normalmente, nos sistemas de partida com voltagem plena da rede elétrica e com voltagem reduzida pela ligação estrela – triângulo.

Diferentemente do uso da chave mecânica, a chave estática possui todas as proteções necessárias ao motor e a fiação de alimentação. A ilustração 97 mostra como é utilizada a chave de partida suave com motor elétrico.

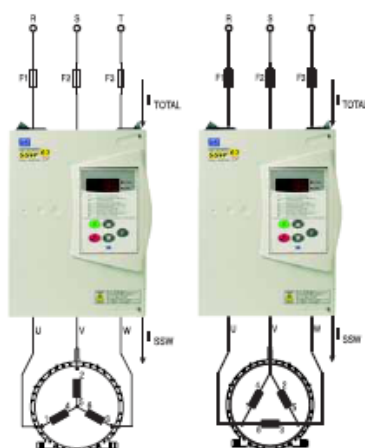


Ilustração97 – Ligação de chaves estática a motor elétrico
 Fonte: www.weg.com.br – setembro, 2007

A chave permite através de sua programação, ativar a função de economia de energia, a qual detecta a condição de carga no motor e ajusta automaticamente a voltagem nos seus terminais. Desta maneira, se a carga solicita pequena potência, a voltagem nos terminais do motor diminui, reduzindo o fluxo magnético no motor, reduzindo as perdas no motor e diminuindo o consumo de energia.

4.5 Sistema de Geração de Energia de Emergência

No Edifício Inteligente deve existir gerador de energia elétrica de forma a estar sempre presente em qualquer situação de emergência, na falta de energia elétrica fornecida pela concessionária. Esta energia de emergência terá como função o fornecimento de voltagem que garanta segurança mínima na edificação, tais como; iluminação de balizamento ou emergência, serviços de detecção de incêndio, sistema de segurança patrimonial, bombeamento de água do sistema hidráulico.

A utilização de unidade de geração de energia para atendimento a sistema de ar condicionado, quando este não for por termo acumulação, e também atender a deslocamento de carga do horário de ponta, na tarifa horo-sazonal, deverá ser utilizada pela Arquitetura.

Para se ter uma visão melhor do comportamento dos preços dos energéticos quando se efetua um deslocamento de carga, como ocorre no horário de ponta, todos os preços foram convertidos à mesma base, ou seja, dólares por milhão de BTU (*british thermal unit*) US\$/MMBTU. Na energia elétrica utilizou-se o valor do preço médio, ou seja, os valores diferenciados para a tarifa horo-sazonal relativos à ponta seca e úmida e fora de ponta seca e úmida foram determinados pelo valor médio total. Para o óleo diesel a granel foi tomado o preço pago convertido para milhão de BTU.

Como referência para avaliação dos energéticos foi utilizada (VINHA, 2001) a equivalência, de maneira que; para energia elétrica - 1 milhão de BTU equivale a 293,02 kWh e para o óleo diesel - 1 milhão de BTU equivale a 25 litros de óleo diesel. Para a análise foi tomado preço da tarifa estrutura horo-sazonal verde, tarifa sem incidência de ICMS, PIS e CONFINS como mostrado na tabela 7.

Tabela 7 – Tarifas de energia elétrica – outubro de 2007
Fonte: www.light.com.br/web/institucional - outubro 2007

TARIFAS DE ALTA TENSÃO ESTRUTURA HORO-SAZONAL VERDE Nível de Tensão 2,3 a 25 kV				
Demanda	Consumo			
R\$/kWh 11,39	Ponta R\$/MWh		Fora de Ponta R\$/MWh	
	Seca	Úmida	Seca	Úmida
		950,19	926,53	157,15

O preço do óleo diesel foi obtido com base na ANP – Agência Nacional de Petróleo que apresenta seu valor médio em 1,803 R\$/litro, obtido em www.anp.gov.br em outubro de 2007. O valor do dólar utilizado foi de R\$ 1,8990 como valor médio de

mercado obtido nos sítios de cotação da moeda americana na internet em outubro de 2007.

Tomando-se somente os valores para energia elétrica referentes a consumo, na ponta e fora de ponta, uma vez que o valor da demanda é fixo e independe do horário em que o energético é utilizado ou substituído, assim como, o valor fixo para o litro do óleo diesel e convertendo ambos os valores para a mesma base US\$/MMBTU, a tabela 8 mostra os resultados obtidos.

Como, a energia elétrica no horário de ponta chega a ser 6 vezes o valor da energia elétrica no horário fora de ponta, é mais favorável neste horário, fazer um deslocamento de carga através da automação de um gerador, com a rede de suprimento de energia da concessionária no qual, parte da carga do ar condicionado esteja ligada a este gerador, reduzindo assim o consumo da energia elétrica neste período, cujo valor em comparação ao custo do óleo diesel é mais vantajoso.

Tabela 8 – Comparação entre energéticos
Fonte: Concepção do autor

Energéticos Comparados		
Energético	Preço médio US\$/MMBTU	Referencia: 1 milhão de BTU equivale a
Energia Elétrica	88,26	293,02 kWh
Óleo Diesel	27,73	25 litros de diesel

4.6 Sistema de Transporte Vertical

Nas edificações há sempre a preocupação da Arquitetura em dispor o espaço para a caixa que transitará cada cabine do elevador, de maneira ser mais flexível seu posicionamento em cada pavimento, de forma poder melhor atender aos usuários. Esta preocupação, leva em consideração que todas as cabines serão utilizadas por passageiros, entretanto, ficando a descoberto o transporte de carga. Assim, depois de estar à edificação toda habitada terão que ser desenvolvido pelo gerenciamento da edificação normas para transporte de cargas e lixo, que de qualquer forma irão causar transtorno na movimentação de pessoas pelos elevadores, assim como, ter o mesmo hall de entrada da edificação servindo a utilização de passageiros, carga e lixo.

A necessidade de uma unidade para este transporte, carga e lixo devem ser levados em consideração pela Arquitetura durante o projeto da edificação.

É possível a utilização de elevador que dispense a casa de máquinas, como mostrado na ilustração 98. Neste tipo de equipamento, cuidadosamente planejado, tanto o sistema de tração quanto o painel de controle são acomodados em um espaço reduzido na parte superior da própria caixa e integrados à porta de pavimento do último piso.

O uso de inversor de frequência permite melhor automação do motor de tração. Assim, fica liberado o espaço da cobertura do edifício, proporcionando novas alternativas de utilização, garantindo maior rentabilidade aos empreendimentos imobiliários. Para a gerência do edifício na pós-ocupação, o espaço liberado pela não colocação de casa de máquinas, pode ser alugado para instalação de antena para sistema de telecomunicações, dos locatários de salas no edifício.

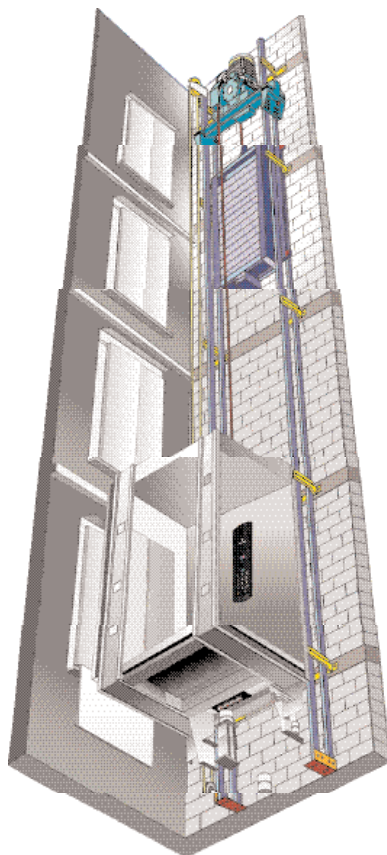


Ilustração 98 – Elevador sem casa de máquina.

Fonte: www.atlas.schindler.com – Machine roomless – Agosto,2007

4.7 Sistema de Recolhimento de Lixo

Nas edificações para uso comercial, a Arquitetura deve levar em consideração que o lixo inorgânico gerado nos ambientes de escritórios tem como elemento principal, papel e papelão, complementado por material plástico. Desta maneira, o uso de tubo coletor de lixo deve ser evitado no desenvolvimento do projeto da edificação, pois o material gerado como lixo necessita ser retirado através de transporte e não colocado no tubo coletor vertical, pois caso isso ocorra, haverá o entupimento do duto. Assim, para cada pavimento deve ser projetado local para colocação de vaso coletor móvel sob rodas com capacidade para receber o material gerado como lixo pelos locatários.

Este material será então levado manualmente através do uso do vaso coletor móvel, por transporte vertical de carga, a um compartimento onde uma prensa enfardadeira irá prensar e enfardar em módulos, o papel, papelão e o plástico. O uso da prensa enfardadeira permitirá a estocagem de fardos em uma melhor forma de ocupação de espaço, permitindo a Arquitetura ter melhor aproveitamento da área útil onde este ambiente será projetado. O material enfardado poderá ser enviado para o local de recolhimento através de monta-carga, automatizado eletricamente ou por sistema hidráulico, no caso do compartimento de lixo está situado abaixo do piso térreo da edificação e que não necessite ter trânsito pela passagem do hall de entrada da edificação. Nas edificações a serem reabilitadas, este processo também irá melhorar a eficiência da organização do lixo inorgânico.

4.8 Sistema de Uso de Água de Chuva

Para a conservação de água existem medidas convencionais e medidas não convencionais. O sistema de aproveitamento de água da chuva para consumo não potável é uma medida não convencional. No processo de coleta de água da chuva, são utilizadas áreas impermeáveis, normalmente o telhado. A água de chuva coletada através de calhas, condutores verticais e horizontais é armazenada em reservatório podendo ser de diferentes materiais. No Rio de Janeiro, a lei nº. 4.393 de 16 de dezembro de 2004, dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação da água de chuva.

A reutilização do sistema de armazenamento da água de chuva para uso no sistema de ar condicionado, permitirá um ganho de consumo de água potável significativa na utilização da edificação, verificado que a média anual do índice pluviométrico na cidade do Rio de Janeiro é de 1250 mm. Assim, a Arquitetura deve prever nos projetos a reutilização da água de chuva para sistemas de ar condicionado, principalmente nos que utilizem central de água gelada.

4.9 Sistema de Vidro Inteligente

O vidro é um material de alta transmissividade à luz natural e pouca resistência à passagem do calor. Nos últimos vinte anos, a tecnologia do vidro evoluiu a ponto de criar uma nova geração de materiais que melhora a eficiência das janelas e ganha aceitação no mercado. Surgem os vidros duplo e triplo com tratamento de baixa emissividade para reduzirem a passagem de calor através da janela. Entretanto, a orientação geográfica e as características óticas dos vidros, podem implicar significativo acúmulo de densidade de energia no interior da edificação, causando desconforto térmico para os usuários.

O vidro eletrocromico representa a aplicação do fenômeno de eletrocromismo, o qual, implica na mudança reversível de coloração, ocasionada pela aplicação de uma diferença de potencial ou corrente elétrica. Estes dispositivos apresentam a estrutura de sanduíche, formados por filmes finos prensados entre dois substratos de vidro. Com a aplicação de potencial ou corrente elétrica, os dispositivos eletrocromicos mudam sua coloração, pois, quando estão desativados encontram-se no estado incolor, quando ativados por um potencial elétrico passam a apresentar determinada coloração. A mudança de coloração, através da polarização, dependente do filme eletrocromico utilizado, permitirá filtrar de maneira seletiva a radiação solar, podendo desta maneira, atenuar o ingresso de raios infravermelhos na edificação.

Assim, como os raios infravermelhos representam cerca de 52% do total de radiação solar, é altamente indesejável sua entrada pela janela durante o verão. Contrariamente, por vezes desejável sua penetração durante o inverno. Assim, neste período a janela deve permanecer no estado despolarizada, isto é, incolor e transparente. A ativação do vidro eletrocromico, deve ser efetuada por sistema automatizado incorporado ao edifício, permitindo a interatividade por meio do usuário ou por parâmetros ambientais relacionados ao interior da edificação, predefinidos, como níveis de iluminação e temperatura interna. Assim, pode-se preestabelecer que, ao se atingir determinada temperatura ou nível de iluminação, o dispositivo eletrocromico seja automaticamente ativado, permitindo, com isso, a racionalidade e a possibilidade de redução no consumo de energia.

4.10 Reabilitação de Edificação

4.10.1 Centro Empresarial Internacional Rio – RB1

O trabalho realizado com o objetivo de estudar a percepção ambiental do edifício RB1 e de seu entorno urbano (Rheingantz, 1997), apresentou através da entrevista feita com o supervisor de automação predial, Fábio da Silva Ribeiro (12/12/1994) meios que possibilitaram identificar; a influência das decisões de projeto na manutenção do edifício e a influência dos processos de automação que indicam que a inteligência não estava no sistema de automação predial e relata como o condomínio se estrutura para modificar a concepção de automação fechada para um sistema aberto, de controle centralizado. Quanto à administração do condomínio a imagem transmitida busca promover a contínua adequação arquitetônica do prédio, de novos equipamentos, sistemas, serviços e melhorias como forma de satisfazer os usuários e incrementar o valor patrimonial do imóvel.

Através de visitas feitas ao edifício, durante o ano de 2007, sendo acompanhado pelo diretor técnico operacional, engenheiro Alex Guerra, foram fornecidas às intervenções efetuadas pelo corpo técnico na edificação, com o objetivo de melhorar o desempenho do automatismo da edificação. Foi dito pelo engenheiro Alex Guerra, que tinha conhecimento de ter havido um trabalho feito pela Universidade Federal do Rio de Janeiro com a administração do RB1, entretanto, nunca leu nada a respeito. O edifício ao longo de sua vida necessitou sofrer reabilitação para se adequar as novas condições estabelecidas pelos aprimoramentos necessários desta época, no tocante aos sistemas de automatismo e comunicações nas infraestruturas, dentre eles foram efetuados:

- ◆ O sistema de detecção e combate a incêndio sofreu uma mudança geral, sendo aproveitada a malha de detetores. O novo sistema foi desenvolvido pelo corpo técnico do RB1 sendo utilizado para a rede protocolo aberto.
- ◆ O corpo técnico está implantando a colocação de sistema anti-pânico nas portas corta-fogo de acesso às escadas de emergência.
- ◆ Os motores das bombas de sucção e recalque de água são hoje acionados através de inversores de frequência, colocados para substituírem os contadores nos antigos quadros de comando. A causa principal para esta reabilitação foi à necessidade de vencer coluna de 100 m de água, devido à altura do edifício, o que

causava no sistema antigo solicitação de alta corrente no período de partida dos motores elétricos, gerando com isto, maior solicitação na energia consumida pelo sistema de recalque de água.

◆ Na reabilitação do sistema hidráulico de sucção e recalque de água foram utilizados controladores de nível ultra sônico, os quais permitem monitorar os níveis dos reservatórios superior e inferior, levando esta informação ao centro de operações. Através desta informação é possível efetuar a programação para os inversores trabalharem com o máximo de eficiência e menor consumo da energia.

◆ Os registros principais das redes hidráulicas foram trocados e foi desenvolvido projeto pela equipe técnica, para que os novos registros tivessem incorporados sensores capazes de fornecer informação ao sistema de supervisão na central de operações. O sistema utilizado é analógico, permitindo fornecer a porcentagem de abertura do registro. Com esta reabilitação, foi possível monitorar e reduzir o consumo de energia elétrica no sistema hidráulico.

◆ No sistema de ar condicionado, foi implantado pela equipe técnica, o controle nas válvulas das unidades *self contained*, para gerar informação ao sistema de supervisão na central de operação, de maneira poder atuar no sistema de ar condicionado a partir da central de operação. Os motores pertencentes a este sistema, tiveram seu acionamento sendo efetuado a partir de inversores de frequência e chaves estáticas de partida (*soft-starter*). Desta maneira, a reabilitação favoreceu também a redução no consumo de energia elétrica a edificação.

◆ O sistema de iluminação das áreas comuns dos pavimentos sofreu intervenção da equipe técnica, quanto a sua automatização, de maneira que, o sistema seja reduzido à metade da sua potência nominal a partir das 19:00 h, entretanto, foi mantido nível de iluminância necessário ao ambiente. Esta reabilitação permitiu redução no consumo da energia elétrica.

◆ O projeto original não contemplava elevador para carga na edificação, causando incomodo não só aos condôminos, quanto também às empresas que participavam de mudanças ou entrega de moveis e utensílios. A equipe técnica ao programar a reforma de todo o sistema de transporte vertical, aproveitou dois (2) carros dos existentes, um de cada ala, para alterar sua altura interna livre para 3 metros, de forma que, estes carros fossem utilizados como elevadores de serviço. Todos os

elevadores passaram a receber sistema de controle microprocessado, sendo monitorados por câmeras do sistema de CFTV, sendo controlados por computador. Como, esse carros partem do hall de entrada da edificação e como o prédio funciona 24:00h por dia durante toda a semana, foi estabelecido pela gerencia operacional junto à administração, horário para utilização do transporte de carga. No período de 22:00 às 06:00h de segunda a sexta-feira e a partir das 07:00h aos sábados. Para pequenos materiais, foram estabelecidos horários de 40 minutos na parte da manhã e tarde para uso de transporte de carga. Assim, os condôminos e visitantes são plenamente atendidos nas suas necessidades não interferindo no funcionamento de das atividades diárias.

♦ A geração própria de energia sofreu intervenção da equipe técnica, com a aquisição de mais um gerador movido a óleo diesel, mostrado na ilustração 99, de maneira que, este novo gerador fosse colocado em operação para atendimento às cargas das torres de refrigeração, no caso da falta de energia elétrica das redes de energia fornecidas pela concessionária.

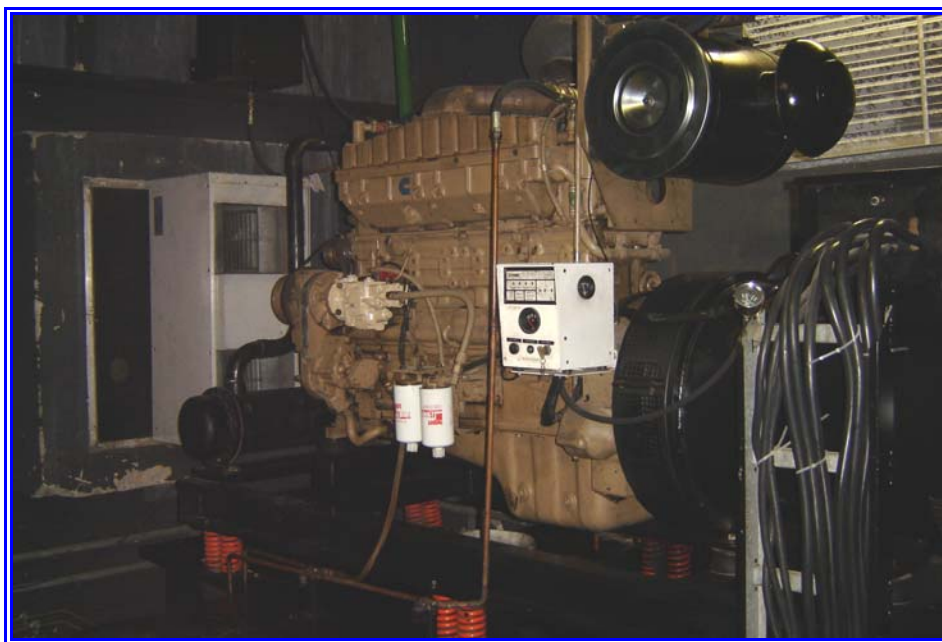


Ilustração 99 – Gerador de emergência a óleo diesel.
Fonte: Arquivo do autor – Maio, 2007

Assim, o gerador inicial da edificação, fica para atender as cargas de emergência, estabelecido no programa pela gerência operacional junto a central de operação. Como, o sistema de faturamento de energia elétrica contratado com a concessionária, é de tarifa horo-sazonal, o qual toma um valor estabelecido para a

potência de demanda no horário de ponta, o gerador destinado para as torres de refrigeração, é utilizado neste horário de ponta, para gerar a energia elétrica necessária ao prédio, minimizando desta forma o consumo de energia neste período, 3 horas consecutivas, visto ser o custo do óleo diesel mais vantajoso do que a tarifa de demanda de energia no horário de ponta. Desta maneira, foi possível manter-se uma redução no faturamento da energia elétrica mensal.

Este gerador não era previsto no projeto original da edificação, assim, quando de sua instalação e operação, seu quadro elétrico de distribuição passou a sofrer com a elevação de temperatura ambiental, causada pelo gerador, interferindo nos dispositivos do quadro, que possuíam microprocessador. A equipe técnica ajustou uma solução para baixar a temperatura interna do quadro, utilizando o ar de retorno do sistema de ar refrigerado, cujas torres e *chillers* ficam próxima ao local deste equipamento.

◆ Sabendo que os sistemas de comunicações nas empresas, são nos dias de hoje essenciais as suas atividades, foi permitido aos condomínios, através de cobrança pela instalação e uso feita pelo condomínio, a colocação de antenas de sistemas de comunicações na estrutura da cobertura da edificação, atendidas as exigências de carga estática permitida no projeto estrutural da edificação. Desta forma, nova intervenção de reabilitação foi necessária da equipe técnica para dispor meios de passagem da infra-estrutura do sistema de comunicações e dados, sendo necessário o uso da área destinada ao coletor de lixo como “*shaft*” para passagem da cablagem, pois, os sistemas previstos não comportavam as necessidades atuais e, por ter a edificação concepção de ser destinada a uso de escritórios.

O uso do tubo coletor de lixo foi possível, pelo fato de o prédio ter sido projetado para atender a escritório, onde o lixo presente, ambiental, é composto de papel. Como este material não deve ser colocado no tubo coletor, pois causa entupimentos, o tubo coletor passa a não ter uso no dia a dia da edificação, e pode ser utilizado para novas funções como “*shaft*” de passagem da cablagem.

◆ Por não haver um transporte de carga vertical exclusivo que permitisse retirada de lixo, foi necessário efetuar-se adaptações para retirada de lixo inorgânico dos

pavimentos de escritórios. Assim, o lixo acondicionado em saco plástico próprio, reforçado e fechado, é depositado em compartimentos, um de cada lado das alas de elevadores. Estes sacos são então colocados em carrinhos e através do elevador de serviço encaminhados ao pavimento térreo, de onde são então levados para o compartimento de lixo onde há um compactador de lixo, passando pelo hall principal de entrada.

Na reabilitação deste sistema, a equipe técnica, criou em um espaço no compartimento de lixo, o setor de reciclagem, onde são separados os diversos materiais antes de irem para o compactador. O lixo orgânico, procedente de lojas no pavimento comercial da edificação, só pode ser retirado após as 22:00 h. O lixo, devidamente ensacado é levado para o compartimento de lixo, passando pelo hall de entrada, para ser depositado em containers que ficam em docas.

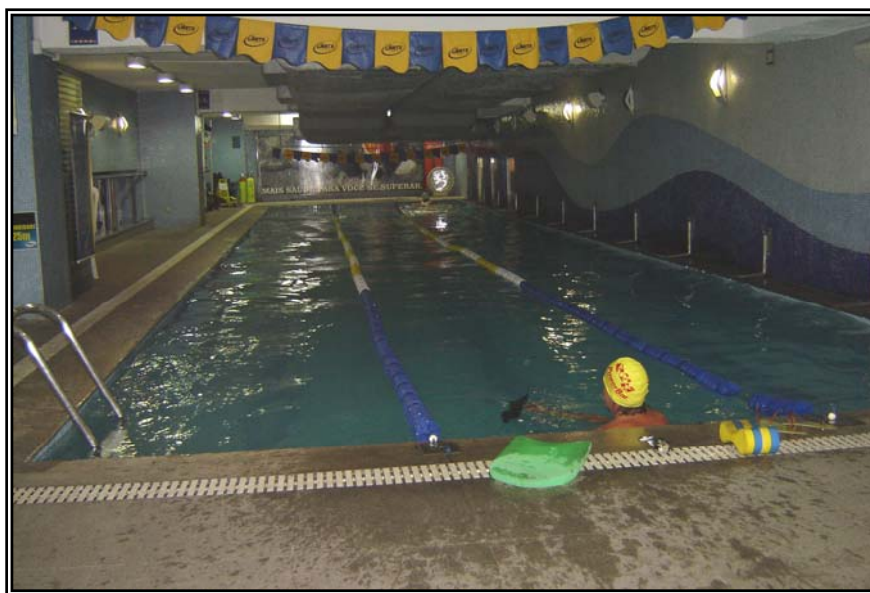


Ilustração 100 – Piscina no local da rampa de veículos.
Fonte: Arquivo do autor – Maio, 2007

◆ Para melhor atendimento aos usuários, foi efetuada uma reabilitação no 10º e 9º pavimentos de garagem, com projeto acompanhado pelo corpo técnico, onde foram implantados um pavimento de convenções e um pavimento com lojas e uma academia. Para a academia, havia necessidade de se colocar uma piscina, mostrada na ilustração 100, em seu interior, o que foi possível efetuando-se reforço

estrutural na rampa para veículos, sendo esta transformada posteriormente em uma piscina.

♦ Para melhor atendimento nas garagens, de forma a aumentar o número de vagas, foi entregue a administração do estacionamento a uma empresa particular, supervisionada pela administração do condomínio. Entretanto, nos oito (8) pavimentos que passaram a atender as garagens, havia a necessidade de agilizar o serviço de manobristas para entrega de veículos aos usuários, pois, todo veículo ao subir a rampa que conduz ao pavimento 1G, é direcionado a área de desembarque, aonde um manobrista irá levar o veículo a uma das vagas nos demais pavimentos. Da mesma maneira, para que o proprietário possa receber seu veículo, ele se dirige ao pavimento 1G e aguarda a chegada do veículo com o manobrista. Como, o projeto da edificação, só levou em consideração transporte vertical com os elevadores principais, fica impossível seu uso para esta atividade do manobrista. Assim, era necessário um elevador exclusivo para atender os pisos das garagens.



Ilustração 101 – Elevador tipo “*man lift*”
Fonte: www.health.state.ok.us
Maio, 2007



Ilustração 102 – Elevador tipo “*man lift*”
Fonte: www.health.state.ok.us
Maio, 2007

Foi então elaborado pela equipe técnica, um sistema de elevador interno tipo “*man lift*”, representado nas ilustrações 101 e 102, entre os oito pavimentos de garagem, rompendo-se as lajes, com diâmetro suficiente para passagem de uma pessoa no sentido vertical (de pé), de maneira a permitir que os manobristas se desloquem

entre os pavimentos de garagem, na busca do veículo, com o menor tempo possível na entrega ao proprietário.

◆ Como no subsolo havia espaço sem uso, a equipe técnica utilizou este espaço para implantar o projeto piloto de uma pequena estação de tratamento do esgoto da edificação, conforme mostrado nas ilustrações 103, 104, 105, 106 e 107. Com o uso de uma bomba acoplada a um tubo flexível, e feita à sucção do esgoto lançado na caixa de inspeção, montada na calçada, na área externa da edificação, antes de ir para a rede de esgoto da concessionária. O esgoto é levado para um tanque onde sofre decantação, posteriormente à filtração e tratamento químico.

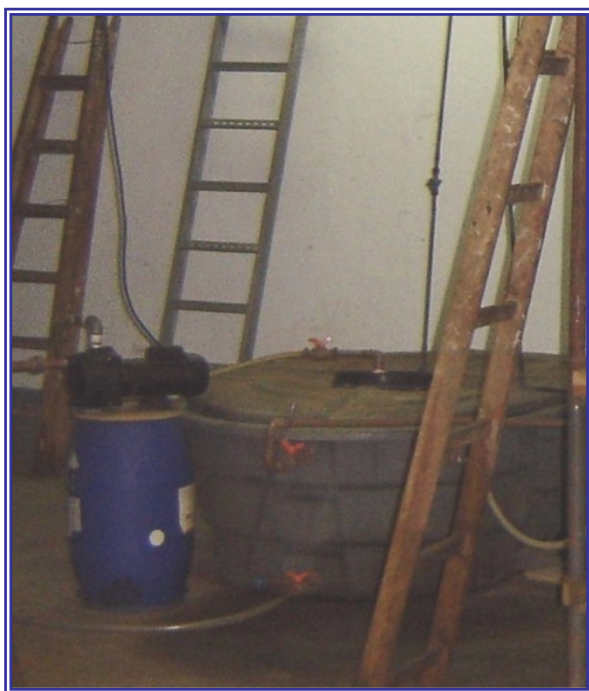


Ilustração 103 – Tanque de decantação.
Fonte: Arquivo do autor – Maio, 2007



Ilustração 104 – Primeira filtração.
Fonte: Arquivo do autor – Maio, 2007

As bombas utilizadas neste processo estão acopladas a motores elétricos que são acionados por inversores de frequência. Este componente, microprocessado, permite em seu automatismo, controlar a velocidade de rotação das bombas para a vazão do esgoto tratado, assim como, para a dosagem química necessária.



Ilustração 105 – Sistema químico e dosagem.
Fonte: Arquivo do autor – Maio, 2007.



Ilustração 106 – Sistema final de filtração e separação.
Fonte: Arquivo do autor – Maio, 2007.

Após a última filtração, já se tem água tratada para ser reutilizada. Esta água é recalçada por um conjunto moto-bomba, no subsolo, para um tanque de armazenamento instalado no compartimento do compactador de lixo, no nível térreo.

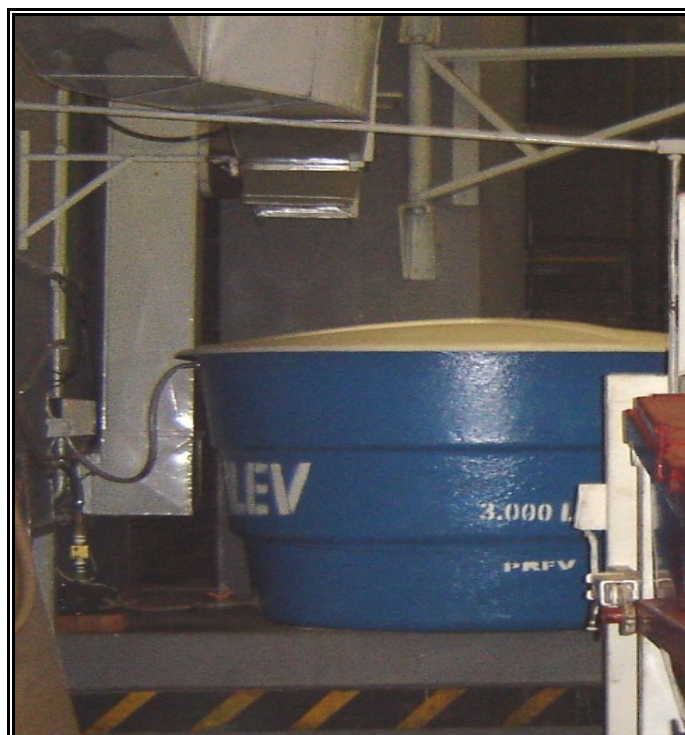


Ilustração 107 – Tanque de Armazenagem
Fonte: Arquivo do autor – Mai. 2007

A água é reutilizada na lavagem do compartimento de lixo e calçada. O projeto piloto tem capacidade para processar o tratamento de 18.000l/dia, entretanto, por falta de espaço, é processado diariamente 3.000l, ficando a água armazenada. O propósito da equipe técnica do RB1 é no futuro tratar o esgoto para armazenar 100 m³ de água para ser reutilizada no atendimento dos vasos sanitários da edificação.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações

Esta pesquisa parte da hipótese de que as edificações verticais, a serem projetadas, necessitam considerar em suas concepções as condições de automatismo na infraestrutura, que permitam no futuro a reabilitação das mesmas, de maneira a torná-las, também, edificações inteligentes; assim o presente trabalho indicou que:

a – As edificações verticais de uso comercial, mais precisamente os edifícios de escritórios, projetados e construídos a partir da década de 80, na cidade do Rio de Janeiro, apresentaram uma mudança significativa na forma da concepção quanto à volumetria e a arquitetura do espaço edificado;

b – As edificações de escritório, também, sofrem intervenções na busca constante da flexibilidade e melhoria dos ambientes, mas só quando empregado o automatismo, com sistemas de detecção e comando à distância, pode ser oferecido o conforto adequado para as condições de uso da telemática e da segurança, climatização e iluminação, destes locais;

C – Posteriormente, com o uso de sistemas de supervisão, ocorreram significativos ganhos na implantação de automatismo nas edificações, entretanto, ainda sem ter sido realizado o acompanhamento e o gerenciamento locacional de consumo de energia, que pudesse permitir a redução dos custos operacionais da edificação, na sua pós-ocupação.

5.1 Críticas e Sugestões

Críticas:

1 - A produção arquitetônica de edifícios comerciais para escritórios teve nas últimas duas décadas a preocupação no desenvolvimento dos projetos, que refletissem o momento tecnológico, demonstrando as conquistas de uma sociedade como marco de uma época. Assim, para se justificar o uso de sistemas com automatismo

incorporados a estas edificações, foram executados projetos, onde não foi dada à necessária atenção a sua futura evolução e manutenção;

2 – No tocante ao sistema de recolhimento de lixo, este na maioria das vezes está situado em áreas sociais, misturando o espaço físico de manuseio e de transporte, com a circulação dos usuários da edificação, isto quando haveria possibilidades de automatizar o recolhimento e retirada dos dejetos por equipamentos controlados a distância e com recursos de acesso ao transporte vertical, pois o material recolhido nos edifícios comerciais é, principalmente, lixo orgânico em papel e papelão, apresentando uma maior concentração volumétrica, desta maneira, pode ocorrer o uso de equipamento que permita através do automatismo, prensar e enfardar o papel, papelão e plástico, em blocos, de forma permitir a redução do espaço físico interno e melhor acomodação deste, inclusive com uma pré-seleção, antes de ser transportado para o ambiente externo à edificação, para seu descarte;

3 – Não ocorreu na última década uma adequada atenção ao uso da telemática, nos escritórios, quanto ao espaço e *layout* que permitam a flexibilidade nesta área, levando em consideração, até o limite das empresas que trabalham com *telemarketing*, pois devido a alta taxa de ocupação por metro quadrado, em empresas deste tipo, é exigida uma comparável automação e um estudo que trate dos reflexos, quanto ao bem estar pessoal, no que se refere ao conforto térmico e possivelmente, quanto ao uso de sanitários e áreas de vivência;

4 - No tocante ao sistema de ar condicionado, quanto a sua utilização, foi apontado que o sistema tradicional de insuflação por forros, não equilibra a distribuição de conforto térmico, propiciando correntes de ar e o aparecimento de temperaturas muito diferentes em pequenos espaços nos escritórios, o que gera muita crítica ao sistema;

5 – Na pós-ocupação da edificação, para atendimento de empresas locatárias é usual a necessidade da construção ou ampliação de sanitários, já que as unidades previstas não atendem, em função do número de seus funcionários e visitantes a demanda exigida, assim existirão intervenções no sistema hidráulico da edificação

pois a nova vazão do projeto inicial, e este terá limitações de carga, incapazes de suportar esta nova variação de vazão;

6 - Nos edifícios de escritórios e de comércio físico (galerias / centros comerciais) os sistemas dedicados não são usualmente conectados, por terem dispositivos de fabricantes diferentes, em um mesmo sistema; e os projetistas de transporte vertical e de arquitetura, acabam por considerar em seus projetos os sistemas como independentes, não permitindo o gerenciamento de tráfego, por um sistema dedicado, o que gera congestionamento de pessoas no hall de acesso e nas circulações, além de no caso de sinistro ocorrer uma tardia monitoração de ocorrência;

7 - No tocante ao vidro como material para solução de fachadas, ocorrem significativas diferenças de temperatura de fachadas, em sombra, ao sol e nas transições ao longo das épocas do ano, o que conduz a exigências de climatização, específicas, e nem sempre atendidas pelos projetistas;

8 - Não são, usualmente, previstas no corpo das edificações as áreas de suporte, manutenção e de estocagem (almoxarifado), necessárias à conservação e reabilitação dos elementos mecânicos e de telemática, além das benfeitorias físicas existentes; pois, uma edificação vertical comercial hoje, pode ser comparada a uma indústria na qual há a necessidade de se ter condições capazes de resolver os possíveis ajustes e reparos que permitam aos sistemas não sofrerem interrupção, inclusive com geração de energia extra para emergências e remanejamentos operacionais;

9 - Com a difusão da tecnologia da informação, em todas as suas formas, como, computadores, equipamentos de telecomunicações, redes de dados, sistemas de alarme de incêndio, sistema de supervisão de automação predial, colocada hoje nos escritórios de empresas que ocupam os edifícios, não houve o estabelecimento de um programa de necessidades, gerenciado pela equipe de Arquitetura, que estabelecesse as compatibilidades de espaços físicos e de condições eletromagnéticas para grande sensibilidade existente no uso dos diversos sistemas,

e nem soluções arquitetônicas vinculadas as futuras demandas e intervenções necessárias;

10 - Nas edificações verticais desta pesquisa, não ocorreu aos projetistas de Arquitetura à inserção de tecnologia capaz de tornar a edificação - inteligente, aliado a um sistema de monitoramento da energia elétrica; o que obrigará a que ocorram múltiplas intervenções no espaço físico, nos equipamentos e sistemas de controle existentes, em períodos de tempo, cíclicos de três a cinco anos.

Sugestões:

1 - A Arquitetura (equipe de projetos) deve observar que para edificações comerciais novas, o projeto deve contemplar o estudo de viabilidade para implantação de sistema de ar condicionado por termoacumulação, aplicando-se o deslocamento de carga elétrica dos horários de ponta com a utilização de chillers (resfriadores) de menor capacidade, operando 24 horas por dia, no lugar de máquinas com capacidade integral para atenderem os picos de carga elétrica em 10 ou 12 horas por dia, como ocorrem em sistemas que utilizam central de água gelada;

2 - Na reabilitação da infra-estrutura em edificações comerciais, em que nestas o sistema de ar condicionado não seja por termo-acumulação, a utilização de gerador em automatismo, com o sistema de energia, permitirá, também, no horário de ponta colocar a carga do sistema de ar condicionado alimentado pelo gerador, e desta maneira reduzir o consumo, devendo ser observada a utilização de sistema de redução de poluidores para a atmosfera na descarga da máquina feita por catalisadores;

3 - No uso de geração de emergência para cargas essenciais, a Arquitetura deve contemplar em seu projeto, a colocação de gerador para ser utilizado no horário de ponta contratada com a concessionária de energia, com finalidade de proceder à alimentação de cargas independentes, pertencentes ao sistema de energia normal da edificação. Desta maneira, será possível obter-se redução do consumo de energia elétrica neste período, onde a tarifa de energia apresenta seu custo de valor máximo.

4 - Também, deverá ser levada em consideração pela Arquitetura durante o projeto, da necessidade de alocar espaço, para operação, controle e manutenção, de equipamentos de infra-estrutura de logística, telemática, segurança e climatização;

5 – Na necessidade da construção de sanitários, já na pós-ocupação da edificação, para atendimento da empresa locatária da unidade, deve-se adotar o uso de sistema por pressurização de água, com acionamento do conjunto moto bomba através de inversor de frequência, apresentada neste trabalho, automatizado, o que permite através de parametrizações estabelecidas nos componentes, regular a nova vazão atendendo as novas condições, também a Arquitetura deve observar que a potência da bomba requerida é sempre numericamente maior que necessidade de vazão requerida no sistema hidráulico, e se esta terá curvas capazes de suportar esta nova variação de vazão;

6 - No uso de elevação de pisos comerciais para permitir a passagem de dutos de infra-estrutura, como o sistema de insuflamento de ar frio pelo piso, este deve ser preferencial, pois permite ao usuário ter um controle do nível de frio desejado, com a abertura dos *dampers* para passagem de maior ou menor quantidade de ar e como o ar é insuflado de baixo para cima, o conforto térmico recebido é mais rápido. Também, a pressão de insuflamento pode ser controlada através de um *loop* no qual o inversor de frequência que aciona a rotação do ventilador, varia o fluxo de ar, de maneira a manter a pressão constante efetuada por um sensor, sendo um sistema de boa eficácia para edificações que venham a sofrer reabilitação na infra-estrutura, por não terem condições de utilizarem duto de distribuição no espaço superior;

7 - Como os sistemas dedicados não podem se conectar a outros dispositivos de fabricantes diferentes, em um mesmo sistema, a Arquitetura deve considerar em seus projetos, que o gerenciamento de tráfego efetuado por sistema dedicado permite a interação imediata com os usuários fazendo com que estes sejam dirigidos para os elevadores correspondentes as suas necessidades, evitando-se congestionamento de pessoas e situações de risco;

8 - No uso de vidros nas fachadas da edificação, o sistema de iluminação artificial deve ser projetado através do uso de luminárias que possuam sensor de interação com a luz natural, onde a quantidade de luminância natural será reconhecida pelo sensor e pela medida desta, dará permissão de energização da luminária. Assim, as luminárias mais próximas das janelas não serão energizadas se houver quantidade de luz suficiente no interior do ambiente e as que forem energizadas deverão ter acoplados reatores *dimerizáveis*, para permitirem que a automação possa controlar o nível de iluminância e proceder ao deslocamento de carga em períodos de horário de ponta, no sistema de energia;

9 - No tocante ao vidro como material de fachadas há a oportunidade do uso do vidro eletrocromico, que tem mudança reversível de coloração, ocasionada pela aplicação de uma diferença de potencial elétrico ou passagem de corrente elétrica no material. Os vidros eletrocromicos consistem em uma nova e moderna opção para a Arquitetura, pois permitirão a interatividade por meio de parâmetros ambientais, de maneira que o vidro seja automaticamente ativado a um determinado nível de iluminância, isto é, reduzindo a incidência da luz solar do exterior ao ambiente.

10 - Deve toda edificação ter um projeto de sistema de monitoramento da energia elétrica, gerenciado pelos projetistas de Arquitetura e especialistas de cada interface, e será pela implementação deste, através do uso de medidores locais instalados em rede, com emissão de relatórios, que poderão ser ajustadas, em cada sistema, a variável correspondente para alcançar a eficiência, quanto ao consumo de energia. Assim, para que o sistema de ar condicionado possa ser avaliado, será necessário saber quanto de água foi utilizado do sistema hidráulico versus o gasto com energia elétrica, de maneira que, esta participação corresponda a uma porcentagem do consumo total da edificação. Se, para cada sistema, ao fim de um ciclo de medições for determinada a sua participação no consumo total da edificação, será então possível, ajustar-se os controles à redução dos custos operacionais, conforme estabelecido no relatório organizado pelo *Council of Tall Building na Urban Habitat* (CORBOLI, 2001), e divulgado em outubro de 1999, para edifícios de alta tecnologia;

11 - Deve a Arquitetura verificar as necessidades de estabelecimento de projeto de compatibilidade eletromagnética para que, os equipamentos de tecnologia da informação, que venham a ser posteriormente instalados, não apresentem problemas no seu uso (ruído, por diferença de potencial). Assim, devem ser estabelecidos pontos de aterramento nos pavimentos do edifício, interligados entre si, e com um terminal de aterramento principal, para garantir a equipotencialidade do sistema.

5.2 Futuras Pesquisas

O desenvolvimento deste trabalho apresentou os elementos utilizados para efetuar a automação nos diversos sistemas que compõem a infra-estrutura das edificações verticalizadas. Foi chamada atenção para o gerenciamento da energia elétrica no uso de sistemas automatizados, pois sem o conhecimento dos valores medidos localmente, associados ao estado de cada elemento (ligado/desligado) do sistema, não é possível identificar plenamente a economia de energia obtida por cada sistema, dentro do conjunto geral da infraestrutura.

Também, a equipotencialização dos sistemas de automação necessita ser melhor investigada, para não apresentarem erros de informações, através do detalhamento no projeto de Arquitetura, compondo um conjunto eficaz no espaço da edificação.

Assim, no futuro, novas pesquisas devem ser efetuadas para um gerenciamento do consumo de energia elétrica localizado versus a gama de novos equipamentos e sistemas, para o aterramento e equipotencialização dos sistemas de automação de prédios “inteligentes”, de maneira a permitirem o melhor uso e reabilitação das edificações verticais de escritórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCI (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA). **As edificações do terceiro milênio**. Construção, nº. 2335, p. 25 – 26, março 1993.

ABILUX (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRÍA DE ILUMINAÇÃO). **Projetos arquitetônicos adequados reduzem o consumo de energia em até 60%**. Jornal ABILUX, ano VI, nº. 63, p.4, SP.

Iluminação eficiente é uma das lutas da ABILUX. Jornal ABILUX, ano VI, nº. 64, p.4, SP.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Norma Técnica NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro. 1996

Norma Técnica NBR IEC 60439 -2 – Conjunto de manobras de baixa tensão. Parte 2: Requisitos particulares para linhas pré-fabricadas (sistema de barramento blindado). Rio de Janeiro, 2004.

ALVES, Tatiana Paula. **Análise energética de edifícios comerciais: estudo de caso: Edifício Júlio Soares (sede da CEMIG), Belo Horizonte, MG**. 179p. , 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia – UFGM. MG.

ASHARE/IESNA – 90.1.1989 – **Energy efficient design of new buildings except low – rise residential building**. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers and Illuminating Engineering Society of North America. Atlanta, The United Estates of America, 147p. *apud* GHISI, Enedir. **Desenvolvimento de uma metodologia para “retrofit” em sistemas de iluminação: estudo de caso Universidade Federal de Santa Catarina**. 246p. , 1997. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal de Santa Catarina. SC.

ATLAS SCHINDLER. **Sistema de gerenciamento de tráfego miconic 10**. São Paulo. 2007. Catálogo de apresentação.

BARBOSA, Luiz Antonio Greno. **Edificações Inteligentes: conceitos e considerações para o projeto de arquitetura**. Rio de Janeiro. 114p. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). FAU.UFRJ.

BASTOS, Maria Alice Junqueira. **Pós Brasília: Rumos da Arquitetura Brasileira**. São Paulo. Perspectiva, 296 p., 2007. FAPESP. SP.

BETONI, Roberto Luigi. **Projeto de um sistema de supervisão e controle predial**. São Paulo. 210 p. , 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. EPUSP. SP.

BITU, Roberto. ; BORN, Paulo. **Tarifas de energia elétrica – aspectos conceituais e metodológicos**. São Paulo. MM Editora. 176p. , 1993. SP.

BODE, Klaus. **Educação, comunicação e tecnologia**. In: Revista AU – Arquitetura e Urbanismo Especial, entrevista concedida a Arquiteta Joana Carla Gonçalves, São Paulo, SP. Ed. Pini, vol. 104, p. 70-74.

BOLZANI, Caio Augusto M. **Residências Inteligentes. Domótica, Redes Doméstica, Automação Predial**. São Paulo. Editora Livraria da Física. 332p., 2004. SP.

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva M. ; FARIAS, Helio Soares de. **O campo térmico como indicador de qualidade ambiental para políticas públicas: estudo de caso no bairro Maracanã/RJ**. Brasília. 15p. , 2006. Artigo Técnico. III Encontro da ANPPAS. Associação Nacional de Pesquisa e Pós Graduação em Ambientes Sociais. DF

CADDET (Center for the Analysis and **Dissemination of Demonstrated Energy Technologies**). **Saving energy with efficient lighting in commercial building**. The Netherlands, 22 p., 1995. *apud* GHISI, Enedir. **Desenvolvimento de uma metodologia para “retrofit” em sistemas de iluminação: estudo de caso Universidade Federal de Santa Catarina**. 246p. , 1997. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal de Santa Catarina. SC.

CARVALHO, Mauricio. **Estudo de viabilidade de instalação de um sistema de termoacumulação visando redução no consumo de energia elétrica**. Disponível em <http://143.54.70.55/pss/diploct/carvalho.pdf>. Acesso em 12 março de 2007.

CASTRO NETO, Jayme Spinola. **Edifícios de Alta Tecnologia**. São Paulo. Carthago & Forte Editoras Associados Ltda. 173p. , 1994.SP.

CHUMIOQUE, Jose Jaime Ravelo. **Simulação de um sistema de refrigeração com termoacumulação operando em regime transiente**. Rio de Janeiro. 153p. , 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia). PUC.

CORBOLI, Nancy. **Edifícios inteligentes exigem mais do que recursos de gerenciamento eletrônico**. Revista Projeto Design, São Paulo. Editora ARCO, edição nº. 252, p. 104 – 106, fevereiro 2001.

CRUZ FILHO, Osvaldo R.; Castanheira, Maurício *et alli*. **Ética e Tecnologia**. Bento Gonçalves – RS. Editora Grafite Ltda. Coleção Idéias. Vol. 03, 1995.

CRUZ FILHO, Osvaldo R. **Manual de produtos da indústria de eletro-eletrônica – Capacidade de compreensão do consumidor**. II Seminário de estudos em engenharia elétrica. Uberlândia. 12p. , 1998. Universidade Federal de Uberlândia. MG.

CRUZ FILHO, Osvaldo R.; Qualharini, Eduardo L. **Conservação de energia e conforto lumínico utilizando CLP para gerenciamento pelo lado da demanda**. Curitiba. 5p. , 2003. VII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC). III Conferência Latino-Americana Sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações. (COTEDI). Paraná. PR

CRUZ FILHO, Osvaldo R.; Qualharini, Eduardo L. **Metodologia para reabilitação das edificações com o uso da domótica**. 5th International Congress Energy, Environment and Technological Innovation. Rio de Janeiro. Outubro, 2005.

CRUZ FILHO, Osvaldo R.; Qualharini, Eduardo L. **Reabilitação de edificações residenciais com uso da automação e redução do consumo de energia elétrica**. II Congresso Internacional de Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. Rio de Janeiro. Abril, 2006.

d'ÁVILA, Ricardo Santos. **Análise de perdas em instalações elétricas residenciais**. São Paulo. 97p. , 2007. Dissertação (Mestrado em Energia) Programa Interunidades da Universidade de São Paulo.

DEMPSEY, Amy. **Estilos, Escolas & Movimentos – Guia Enciclopédico da Arte Moderna**. São Paulo. Ed. Cosac & Naify. 304p. , 2003. SP.

DUCAP, Vânia M.B.C. Lopes; ORIOLI, André; Qualharini, Eduardo L. **Manutenção e Reabilitação das Instalações Prediais no Processo de Projeto de Edifícios Residenciais Multifamiliares**. Congresso Internacional Construção 2001, São Paulo. Dezembro 2001.

EPRI (Electric Power Research Institute). **Lighting fundamentals handbook: Lighting fundamentals and principles for utility personnel**. 149p. Eley Associates. Califórnia 1992.

FRANÇA, A.; MORALES, R.; CARVALHO, Ricardo de M. **Sistemas de ar condicionado: carga térmica e instalações de ar condicionado**. Campinas. 40s., 2005. Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~em672/carga_termica . Acesso em 15 de junho de 2006

FONTE, Amílcar. **Dimerização de Sistemas de iluminação: uma maneira inteligente de economizar energia**. São Paulo. 4º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética e Cogeração de Energia. Maio, 2007.

GEORGINI, João Marcelo. **Automação aplicada**. São Paulo. Ed. ERICA. 236p. , 2000

GHISI, Enedir. **Desenvolvimento de uma metodologia para “retrofit” em sistemas de iluminação: estudo de caso Universidade Federal de Santa Catarina**. 246p. , 1997. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal de Santa Catarina. SC.

GOMES, Fernanda Esteves. **Solução em automação para eficiência energética**. Goiânia. 122p. , 2003. Monografia. (Graduação em Engenharia). Universidade Federal de Goiás.

GÓMEZ, Luiz A.; LAMBERTS, Roberto. **Simulação da influência de algumas variáveis arquitetônicas no consumo de energia em edifícios**. Gramado. 8p. , 1995. I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Rio Grande do Sul. RS.

GRAÇA, Moacyr Eduardo A. da. **Segurança contra incêndio**. São Paulo. 50p. , 2006. Apostila. Sistemas Prediais II. Curso de Engenharia Civil. USP. SP.

GUGLIELMETTI, Ana Helena G. **A legislação energética como ferramenta de redução do consumo de energia em edifícios: os impactos para a cidade de São Paulo**. São Paulo. 164p. , 2002. Dissertação (Mestrado em Energia) Programa Interunidades da Universidade de São Paulo. SP.

GURGEL, Breno Botelho Ferraz do Amaral. **Proposição de uma metodologia para avaliação de inversores de frequência em estações elevadoras de água. Estudo de casos no sistema de abastecimento de água de São José dos Campos**. São Paulo. 115p. , 2006. Dissertação. (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. SP

GUSTIN, Gladys Deifan Bastidas. **Aplicação de rede petri interpretadas na modelagem de sistemas de elevadores em prédios inteligentes**. São Paulo. 136p. , 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. USP

HERNANDES, Bruno Rafael A. **Utilização da tecnologia power line communication (PLC) e o protocolo de comunicação X10 como solução para automação residencial**. Foz do Iguaçu. 47p., 2006. Monografia. (Bacharel em Ciência da Computação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

HUBERT, Marco Kasdorf. **O protocolo CAN como solução para aplicações distribuídas, baseadas em objetos, entre PCs e microcontroladores**. Pelotas.61p. 2001. Projeto de Diplomação. (Bacharel em Informática). Instituto de Matemática. Universidade Federal de Pelotas.

IESNA HB – 9 – 2000. **IESNA Lighting Handbook Illumination Engineering Society of North America**. 9th. Edition

LACY, Marie Louise. **Conhece-te através das cores**. 98p. , 1989. São Paulo. Ed. Pensamento.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Eneidir. **Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação**. Florianópolis. 9p. , 1998. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. (ENTAC). Santa Catarina. SC.

LEITE, Brenda Chave Coelho. **Sistema de ar condicionado com insuflamento pelo piso em ambiente de escritórios: avaliação do conforto térmico e condições de operação**. São Paulo. 162p. , 2003. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Sp.

LEMOS, Wanderley Freitas. **Proteção contra incêndios em instalações industriais**. Rio de Janeiro. 47p. , 2007 Apostila. Curso de Engenheiro de Elétrica. PROMIMP. Petrobrás.

MACEDO, Silvio Soares. **São Paulo, paisagem e habitação verticalizada os espaços livres como elementos de desenho urbano.** São Paulo. 165p, 1987. Tese (Doutorado em Arquitetura) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. USP.

MAYER, Regina M. Prosperi. **Urbanismo à procura do espaço perdido.** 8p. , 1990. Dossiê 05. Revista USP. São Paulo.

MARCOLIN, Neldson. Revista Pesquisa Fapesp. **Rumo aos céus da cidade.** Edição 74. Abril de 2002.

MARTE, Cláudio Luiz. **Automação Predial a inteligência distribuída nas edificações.** São Paulo. Carthago & Forte Editoras Associados Ltda.120p. , 1995. SP.

MASCHERONI, José M.; LICHTBLAU, Marcos; GERARDI, Denise. **Guia de Inversores de Frequência – WEG.** Jaraguá do Sul, 238p. , 2004. WEG Automação. SC.

MATTAR, Daniela Gonçalves. **Processo de projeto para edifícios residenciais inteligentes e o integrador de sistemas residenciais.** São Carlos. 163p. 2007. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade de São Carlos. SP.

MATOS, M. **A dinâmica dos edifícios de escritórios na cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro. Boletim GETER nº03, p.10 – 11, 1999.

MASCARÓ, Juan Luiz.; MASCARÓ, Lúcia. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios.** Porto Alegre. 134p. , 1992. Sagra-DC Luzatto. RS.

MIRANDA, A.P. Reis. **As armaduras do concreto como integrantes do sistema de proteção.** São Paulo. Revista Eletricidade Moderna. P. 158 -167, abril 2003.

MORENO, Hilton. **O uso do fio terra nas instalações elétricas.** São Paulo. Revista Eletricidade Moderna, p. 116 – 120, novembro de 1996.

NETO, E.P. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho.** São Paulo. 131p. , 1980. Livraria ciência e tecnologia Ltda. *apud* GHISI, Enedir. **Desenvolvimento de uma metodologia para “retrofit” em sistemas de iluminação: estudo de caso Universidade Federal de Santa Catarina.** 246p. , 1997. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal de Santa Catarina. SC.

NEVES, Raissa Pereira Alves de Azevedo. **Espaços arquitetônicos de alta tecnologia: os edifícios inteligentes.** São Carlos. 154p. , 2002. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos. USP.

OLIVEIRA, Luiz F.C. de; ALVES, Aylton J. **Verificação das relações de Rateaux pelo emprego de um inversor de frequência.** Campina Grande. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.523 – 525, 2002. PB.

OSÓRIO, Carlos de Fontoura. **Projetando para o futuro. O conceito de flexibilidade na arquitetura.** Porto Alegre. 136p. 2002. Dissertação. (Mestrado em Arquitetura). UFRGS.

OSRAM. **Uso de sistemas fluorescentes em novas instalações e oportunidades de retrofit.** São Paulo. 18p. s.d. Marcos Ellert.

ORSTEIN, SHEILA Walbe; ROMERO Marcelo. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído.** São Paulo. 36p. , 1992. Editora Studio Nobre e USP. SP.

OTIS. **Otis coloca as escadas rolantes no Cristo Redentor.** Departamento de comunicação. Set. 2002. Disponível em <http://www.otis.com/news/newsdetails>. Acesso em 14 de março de 2007.

Otis da dicas importantes sobre modernização de elevadores. Departamento de comunicação. Set. 2004 Disponível em <http://www.otis.com/news/newsdetails>. Acesso em 14 de março de 2007.

PAVAN, Luiz Barney Balduzzi. **Termoacumulação: gelo ou água.** Porto Alegre. 26p. 2004. Monografia (Graduação em Engenharia). UFRGS.

PINTO, Joel Rocha; BRANDÃO, Augusto F. **Redução do consumo de energia em edifício comercial.** São Paulo. Revista Eletricidade Moderna, p. 122 – 131, dezembro de 2002.

PIRES, Hindenburgo Francisco. **Edifício avenida central: o core geográfico do comércio de produtos de informática do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro. 9p. 2006. I Seminário Internacional Sobre Cidade e Serviço. Departamento de Geografia. UERJ.

RARIN, Paulo, S. **Edifício inteligente: conceito e componentes de projeto.** São Paulo. Revista Eletricidade Moderna p. 168 – 171, junho de 2002.

REIDY, Affonso Eduardo. **Ministério da Educação e Saúde Pública.** In: Revista da Directoria de Engenharia. 1935, p.512, ano IV, nº18. Rio de Janeiro. Prefeitura do Distrito Federal *apud* CONDURU, Roberto. **Razão em forma: Affonso Eduardo Reidy e o espaço arquitetônico moderno.** 2005, p. 24 - 37. Revista Risco nº2. Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo. Escola de Engenharia de São Carlos. USP.

RÉMOND, Claude. **O conceito de garantia de funcionamento das instalações elétricas.** São Paulo. Revista Eletricidade Moderna, p. 60 – 74, abril 2003.

REVISTA UNIVERSO DO COBRE. **Instalações elétricas em São Paulo: um panorama preocupante.** São Paulo. Revista Eletricidade Moderna, p. 94 – 98, abril de 2003.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso. **Centro Empresarial Internacional Rio: análise pós-ocupação por observação participante das condições internas de conforto.** Rio de Janeiro. 1996 (Tese de Doutorado). FAU – UFRJ.

_____ **Centro Empresarial Internacional Rio (RB1) – Território de conflitos e percepções de imagens e de expectativas.** Rio de Janeiro. Cadernos do PROARC – 1. p. 35 – 55. Setembro 1997. FAU-UFRJ

RIMISIO, P. **O custo do ciclo de vida como factor de economia.** Portugal. 2005. Manual de Engenharia – Sistemas de Pressurização. Bombas Grundfos. ISBN 972-99554-0-9.

RODRIGUES, Cláudio Marcelo de Faria. **A importância das inovações tecnológicas na arquitetura dos edifícios de escritórios e serviços em São Paulo.** São Paulo. 186p., 2004. Monografia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. SP.

ROMÈRO, Marcelo de Andrade. **Arquitetura energeticamente eficiente.** São Paulo. Revista Lumière, março 2001, p.51 – 55.

RUBINATO, Alfredo. **Cinema futurista, futuro do cinema?** Disponível em: <http://www.contracampo.com.br/16/futurista.htm> . Acesso em março de 2006.

SAMPAIO, Klicia Araújo. **Avaliação da demanda no consumo elétrico e do controle de temperatura para condicionamento de ambientes, usando sistemas de refrigeração com termoacumulação.** Campinas. 153p, 2006. Dissertação. (Mestrado em Engenharia). Faculdade de Engenharia de alimentos. UINICAMP.

SCARAZZATO, Paulo Sergio. **O conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural. Dados referenciais para localidades brasileiras.** São Paulo. Tese (Doutorado em Arquitetura). 196p. , 1995. Faculdade e Arquitetura e Urbanismo. USP.

SECOVI. **Cem anos de elevador no Brasil.** Revista SECOVI, nº. 172, ano XV, 2006. São Paulo.

SEGRE, Roberto. **Arquitetura brasileira contemporânea.** Petrópolis. 208p. 2004. Editora Vianna & Mosley. RJ.

_____ **Rio de Janeiro; Guia da Arquitetura Contemporânea.** Petrópolis. 120p. , 2005. Editora Vianna & Mosley. RJ.

SHAW, A. **Energy design for architects: The American architectural Foundation.** NY. 349p. , 1989. Prentice Hall.

SILVA, Sandra R. Mota. **Indicadores de sustentabilidade urbanas – perspectivas e as limitações de operacionalização de um referencial sustentável.** São Carlos. 206p. , 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal de São Carlos.

SILVIA, Mauri Luiz da. **Luz, lâmpada & Iluminação – Produtos, características, aplicações e efeitos em linguagem fácil.** Rio de Janeiro. 157p. , 2002. Editora Ciência Moderna. RJ.

SINDEGTUR (Sindicato dos Guias de Turismo do RJ) Arquivos. 2006. Disponível em: <http://www.sindegtur.org.br/2006/arquivos/arquitetura.pdf> . Acesso em 20 agosto 2006.

SOUSA, Marco Antonio Baptista de. **Estudo comparativo entre aplicação de sistemas dedicados e a utilização de controladores lógicos programáveis na automação de sistemas prediais**. São Paulo. 127p. , 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. USP

SOUZA, Marcos Barros. **Potencialidade de aproveitamento de luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia**. Florianópolis. 208p. , 2003. Tese. (Doutorado em Engenharia) UFSC. SC

SOUZA, Maria Adélia Aparecida de. **A identidade da metrópole: a verticalização em São Paulo**. São Paulo. 187p. , 1994. Hucitec. EDUSP *apud* JUNIOR, Divaldo F.; FRESCA, Tânia M. **Aspectos da verticalização em Londrina**. IV Congresso Brasileiro de Geografia. Rio de Janeiro. UERJ. 2004.

_____ **A Busca de uma Identidade**. Texto 003. s.d. Laboratório de Geografia Política e Planejamento Territorial e Ambiental. Departamento de Geografia. USP.

SOUZA, R.V.G. **Iluminação natural em edificações: cálculo de iluminâncias internas – desenvolvimento de ferramentas simplificadas**. Florianópolis. 137p. , 1997. Dissertação. (Mestrado em Engenharia). UFSC. SC. *Apud* ALVES, Tatiana Paula. **Análise energética de edifícios comerciais: estudo de caso: Edifício Júlio Soares (sede da CEMIG), Belo Horizonte, MG**. 179p. , 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia – UFMG. MG.

THYSSEN. **Sistema biotracking**. Guaíba. 2006. Catálogo de apresentação.

VILLANI, Emília. **Abordagem híbrida para modelagem de sistemas de ar condicionado em edifícios inteligentes**. São Paulo. 154p. 2000. Dissertação (mestrado em Engenharia) USP. *Apud* Becker, R. **What is an “Intelligent Building**. In; Proceedings of IB/IC. Intelligent Buildings Congress, Tel Aviv, 1995.

VINHA, Reginaldo; VAZ, Ricardo. **Viabilidade de substituição da energia elétrica por gás natural**. São Paulo. Revista Eletricidade Moderna, outubro de 200. p.78 – 91.

VERONEZZI, Ana Beatriz Poli. **Sistema de certificação da qualidade de edifícios de escritórios no Brasil**. 148p. , 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica Universidade São Paulo – EPUSP. SP.

WIKIPEDIA. **Rede de Computadores**. Wikipédia enciclopédia livre. 2006. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_de_computadores . Acesso em 12 março de 2006.

WIKIPEDIA. **Montauk Building**. Wikipedia the free encyclopedia. 2007. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/>: Acesso em 07 maio de 2007.

ZANOTTA, Rogério I. **Segurança patrimonial integrada à automação predial**. São Paulo. Revista Eletricidade Moderna. P. 82 – 93, julho de 2001.

_____ Edifício Cliticorp/Citibank.
Disponível em: [http:// www.aflaloegasperini.com.br](http://www.aflaloegasperini.com.br). Acesso: janeiro 2006.

_____ Edifício Bolsa de Imóveis de SP.
Disponível em: [http:// www.carlosbratke.com.br](http://www.carlosbratke.com.br). Acesso: janeiro 2006

_____ Palácio Gustavo Capanema.
Disponível em <http://www.vitruvius.com.br>. Acesso: fevereiro 2007.

_____ Edifício Centro Empresarial Internacional Rio
Disponível em: <http://www.thehighrisepages.de/hhkartei/rioempre.jpg> .
Acesso: março 2007.

_____ Edifício Centro Empresarial Cidade Nova
Disponível em: [http:// www.engepred.com/novo](http://www.engepred.com/novo). Acesso: março 2007.

_____ Edifício Larkin – Externo.
Disponível em <http://www.pbs.org/flw/buildings>. Acesso: abril 2006.

_____ Edifício Larkin – Interno.
Disponível em <http://www.pbs.org/flw/buildings>. Acesso: abril de 2006.

_____ Edifício Birmann 11 e 22.
Disponível em: [http:// www.herzog.com.br](http://www.herzog.com.br) . Acesso: maio 2006

_____ Edifício da AT & T.
Disponível em: http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/fa267/20_sky3.html.
Acesso: maio 2007.

_____ Edifício da AT & T.
Disponível em: <http://imomus.livejournal.com/320182.html?thread=12059062>.
Acesso: maio 2007.

_____ Edifício Birmann 11 e 22.
Disponível em: [http:// www.herzog.com.br](http://www.herzog.com.br) . Acesso: maio 2006

_____ La Città Nuova.
Disponível em <http://chimera.roma1.infn.it>. Acesso: junho 2006.

_____ Fan Coil.
Disponível em: [http:// www.nucleartourist.com/systems](http://www.nucleartourist.com/systems). Acesso: maio 2007.

_____ Tanques de gelo e resfriadores.
Disponível em: [http:// www.ejr.com.br/paginas/hermes.htm](http://www.ejr.com.br/paginas/hermes.htm). Acesso: maio 2007

_____ Sistema de tráfego convencional, Sistema de tráfego inteligente.
Disponível em: <http://www.atlas.schindler.com/> Acesso: maio 2007

_____ La Città Nuova.
Disponível em http://web.tiscali.it/antonio_santelia . Acesso: junho 2006.

_____ Palácio Gustavo Capanema.
Disponível em [http:// www.pbase.com/flavioveloso/mec](http://www.pbase.com/flavioveloso/mec) . Acesso: junho 2006.

_____ Elementos utilizados como sinais analógicos e digitais de entrada.

Disponível em: <http://www.inatec.com.br/>. Acesso: junho de 2207

Disponível em: <http://www.magnetrol.com.br/>. Acesso; junho 2007

Disponível em: <http://www.rotasecurity.com.br>. Acesso: junho 2007

_____ Válvula motorizada.
Disponível em: <http://www.cepex.com>. Acesso em junho: 2007

_____ Controlador Lógico Programável – CLP.
Disponível em: <http://w1.siemens.com/en/entry.html>. Acesso: julho 2007

_____ Interface Homem Máquina - IHM
Disponível em: <http://www.exor-rd.com/bin/site/templates/splash.asp?NC=6208X>.
Acesso: em julho 2007

_____ Corrediças, operador de portas, freio de segurança, regulador de velocidade, quadro de comando, máquina de tração.
Disponível em: [http://: www.thyssenkrupp](http://www.thyssenkrupp) Acesso: junho 2007.

_____ Sistema de gerenciamento de biometria digital.
Disponível em: www.thyssenkrupp Acesso: junho 2007.

_____ Reator dimerizável família analógico
Disponível em: <http://www.lighting.philips.com>. Acesso: junho 2007

_____ Componentes de um sistema de iluminação – DALI.
Disponível em: [http:// www.osram.es/descarga](http://www.osram.es/descarga). Acesso: junho 2007

_____ Sistema EIB – Instalbus
Disponível em: [http:// www.proenge.com.br](http://www.proenge.com.br). Acesso: julho 2007

_____ Área de abrangência de detetor de fumaça.
Disponível em: <http://pcc2466.pcc.usp.br> Acesso: agosto 2007

_____ Detetor iônico, Detetor ótico.
Disponível em: <http://www.ezalpha.com.br> Acesso: agosto 2007

_____ Detetor de temperatura termovelocimétrico.
Disponível em: <http://www.us.sbt.siemens.com> Acesso: agosto 2007

_____ Módulo de laço de detecção, Acionadores manuais com micro-chave. Disponível em: <http://www.ezalpha.com.br> Acesso: agosto 2007

_____ Cartão de proximidade e cartão com tarja magnética para acesso através de catracas eletrônicas.
Disponível em: <http://www.linkalarmes.com.br> Acesso: setembro 2007

_____ Inversor de Frequência
Disponível em: <http://www.eletronline.com.br> Acesso: setembro 2007

_____ Manômetro
Disponível em: <http://www.recordsa.com.br> Acesso: setembro 2007

_____ Controlador de Fator de Potência
Disponível em: <http://www.embrasul.com.br> Acesso: setembro 2007

_____ Medidor eletrônico de energia ativa, reativa e demanda.
Disponível em: <http://www.landisgyr.com.br> Acesso: setembro 2007

APENDICE

Entrevista realizada em 07 de junho de 2006, através de E-mail, com o arquiteto Edson Musa.

As perguntas foram realizadas pelo autor da tese, representada na transcrição como **P**, e as respostas do entrevistado pelas iniciais de seu nome **EM**.

P – Dentre os edifícios projetados pelo seu escritório, Manhatann Tower (Centro do Rio), CAEMI (Paria e Botafogo) e RB1 (Praça Mauá), qual deles pode ser considerado com arquitetura flexível para automação, considerada a época em que foram elaborados seus projetos.

EM – Eu diria que sim. Todos respondem a nossa teoria dos cinco pontos para edifícios inteligentes, sendo dotados de ampla e total flexibilidade. Isto poderá ser comprovado no Manhatann Tower, pela forma de venda aberta, aceitando os mais diversos tipos de instalações e *layout*, o mesmo acontecendo com o Rio Branco 1. Já o CAEMI, embora concebido para uma só empresa, foi concebido desde o início para a maior flexibilidade possível, o que comprovou nestes anos com a transformação do edifício, de sede de uma empresa para o de aluguel para até o meio andar, sem o menor problema de dificuldade, fato que reflete no fato de ter o maior aluguel da cidade.

P – Qual dentre eles apresenta maior número de pontos monitorados.

EM – Não sei lhe dizer exatamente, mas todos dipõem de alta flexibilidade sob o aspecto. Estes edifícios ao serem projetados contemplavam sistemas de detecção ou sistemas de comando a distância.

P – Para estes edifícios foi projetada alguma tipologia física de rede (malha anel, barra). Caso afirmativo, que protocolo foi utilizado, levando em consideração a época do projeto.

EM – Estes projetos são todos coordenados em cima de uma grade modular de 1,50 x 1,50 (cinco pés), que assegura total flexibilidade aos sistemas, desde o estrutural ao de instalações/ comunicações. Não sei lhe dizer qual o tipo de protocolo.

P - Há edificações residenciais Multifamiliares projetadas pelo seu escritório em que tenha sido utilizado sistema de automação para infra-estrutura. Caso afirmativo, que sistemas de automação foram utilizados.

EM – Sim, os prédios mais recentes. Praia Guinle, por exemplo, já foi dotado de sistemas de automação para a infra-estrutura.

P – Em relação às edificações multifamiliares, o custo da infra-estrutura para instalação convencional de um prédio em relação a outro com incremento de automação, produz variação significativa no custo do m² da edificação.

EM – Não creio. Nosso mais recente projeto residencial, o Granja Brasil possui sofisticado programa de controle IBM e foi bem absorvido no custo geral da obra.

P – Com sua experiência e vivência, para edificações antigas (projeto e construção) 30 anos ou mais tanto prédios para uso comercial quanto para uso residencial apresentariam possibilidades de serem reabilitados para que fossem implantados sistemas de automação nas instalações de infra-estrutura.

EM – Com certeza. A nossa experiência aponta que os prédios de uma melhor qualidade melhor suportam as intervenções de um *retofitting*. Assim tem sido no lloyds Bank (já extinto), Ed. Rio Branco, 80 (Monteiro Aranha), e tantos outros. A dificuldade maior que temos encontrado é que o custo de edificações no centro da cidade está tão depreciado, que o valor do novo aluguel não remunera o capital empregado nas obras de retrofit, exceção dos prédios de muita boa qualidade.

P – Sendo o arquiteto o agente que pode identificar na qualidade do projeto, os detalhes construtivos no empreendimento que tornam um edifício inteligente em termos de técnica e material utilizado, pra fachadas e disposições internas, quais recomendações seriam dadas quanto à utilização desses materiais e técnicas.

EM – Ainda voltando à teoria dos cinco pontos, dizemos que os materiais de acabamento necessitam de uma adequabilidade, o que quer dizer, uma compatibilização entre sua qualidade e função.

P – Uma fachada planejada pode ser considerada como um dos pontos mais importantes da inteligência predial. (quanto maior a diferença térmica entre interior e exterior, maiores serão os investimentos) Qual a sua opinião quanto a esse assunto.

EM – De pleno acordo. Esta decisão às vezes encontra resistência na necessidade de uma verba um pouco maior para assegurar a proteção solar, embora compensada pelos custos mais reduzidos de ar condicionado, deve ser objetivada sempre que possível.

P – Os projetos de arquitetura de hoje contemplam a viabilidade da racionalização no futuro, para que a edificação possa ser incorporada às condições da época, quanto à automação de suas instalações.

EM – Sem dúvida. A vivência de todos estes anos tem me ensinado o seguinte aforisma.” As empresas duram menos que os edifícios, e estes menos que os arquitetos, que ainda vivem para vê-los ser modificados”.