

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
UNESP – CAMPUS BAURU
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENHO INDUSTRIAL

Eraldo Francisco da Rocha

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DESENHO E IMPLANTAÇÃO DE
EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES E O CONSUMO DE ENERGIA**

BAURU
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DEMESQUITA FILHO”
UNESP – CAMPUS BAURU
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENHO INDUSTRIAL

Eraldo Francisco da Rocha

DEFESA DE MESTRADO

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DESENHO E IMPLANTAÇÃO DE
EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES E O CONSUMO DE ENERGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenho Industrial – Área de Concentração: Ergonomia, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Bauru, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Desenho Industrial, orientado pela PROF^a.DR^a. Arq. Léa Cristina Lucas de Souza.

BAURU
2007

DEDICATÓRIA

A toda minha família, e em especial a minha esposa Adriana, pela paciência, pelo apoio e sobre tudo pela companhia.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários das residências pesquisadas, que abriram suas casas para essa pesquisa.

Aos alunos de iniciação científica, Aline Prado de Oliveira, Camila Mayumi Nakata e Camila Pereira Postigo, pelo apoio dado com suas pesquisas e fontes.

A todo corpo docente dessa instituição que tanto contribuíram direta ou indiretamente para o sucesso dessa pesquisa.

Aos funcionários do departamento de Pós-Graduação, Elder e Silvio, que sempre estiveram presentes durante esse processo.

A Profa. Dra. Léa Cristina Lucas de Souza, que mais que uma orientadora, foi minha grande amiga e tutora no início dessa trajetória científica.

RESUMO

Este trabalho pesquisa uma relação entre o consumo de energia elétrica e a forma de implantação dos edifícios, buscando evidenciar diretrizes mais apropriadas para o conforto do usuário. Para isso foi feito um levantamento das características de localização, orientação e forma de cinco edifícios residenciais térreos no bairro Vila Universitária, em Bauru-SP. Através de cruzamentos de dados e análises, foram identificadas algumas tendências de consumo em função das seguintes variáveis: área construída, fator de visão do céu (FVC), tempo de sombreamento, área de exposição das fachadas NE, área de exposição das fachadas NO, área de exposição das fachadas SO e área de exposição das fachadas SE. Aplicando-se técnicas de Redes Neurais Artificiais (RNA) foi possível identificar a relevância de cada uma dessas variáveis para o consumo de energia das edificações estudadas. Os resultados revelam que a área de exposição das fachadas NO é a variável mais importante dentre aquelas estudadas, seguida pelo tempo de sombreamento e o FVC.

Palavra chave: consumo de energia, fator de visão do céu e ergonomia urbana.

ABSTRACT

This research seeks a relationship between electrical energy consumption and the way buildings are settled, so that appropriated guidelines for the user comfort can be pointed out. For this purpose a data collection was carried out, taking into consideration the location, orientation and form of residential one-story buildings in the neighborhood of Vila Universitária, in Bauru-SP. By cross-examining data and analysis, some tendencies of energy consumption were identified, considering the following variables: construction area, sky view factor (SVF), shadowing time, NE façade exposition area, NW façade exposition area, SW façade exposition area, SE façade exposition area. By applying Artificial Neural Networks (ANN) technique, we have determined the relevance of each one of these variables on the energy consumption of the studied units. The results showed that the NW façade exposition is the most important variable among the variables studied, followed by the shadowing time and the SVF.

Key words: energy consumption, sky view factor and urban ergonomics

SUMÁRIO

I LISTA DE FIGURAS.....	7
II LISTA DE TABELAS.....	11
1 APRESENTAÇÃO, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	13
1.1 Apresentação.....	13
1.2 Objetivos.....	12
1.3 Justificativa	14
1.4 Metodologia Resumida.....	15
1.5 Divisão Dos Capítulos	16
2 PLANEJANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA URBANA.....	17
3 CONDICIONANTES DO CONSUMO DE ENERGIA.....	22
3.1 Quanto à Posição Geográfica.....	22
3.2 Quanto à Localização no Entorno e no Lote	23
3.3 Quanto à Orientação do Edifício.....	30
3.4 Quanto à Forma do Edifício.....	31
3.5 Quanto às Características dos Materiais Construtivos	32
3.6 Quanto às Aberturas dos Edifícios	35
3.7 Quanto à Vegetação do Entorno	36
4 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS.....	38
5 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	40
5.1 Sobre a Área de Estudo	40
5.1.1 O Bairro de Estudo	41
5.1.2 O Padrão de Consumo de Energia Elétrica no Bairro	42
6 METODOLOGIA.....	52
7 DADOS LEVANTADOS.....	54
7.1 Análise sobre o Loteamento	70
7.2 Análise sobre as Faces	71

8 ANÁLISES E RESULTADOS	72
8.1 Análise das diversas variáveis através de gráficos	72
8.2 Análise da importância das variáveis por modelos de RNA	79
9 CONCLUSÃO	83
BIBLIOGRAFIA.....	85
ANEXO	91

I LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disposição de residências unifamiliares no terreno	24
Figura 2 - Relação H/W	24
Figura 3 - Acesso solar de acordo com H/W	25
Figura 4 - Acesso solar de acordo com H/W	26
Figura 5 - Representação gráfica do fator de visão de céu	27
Figura 6 - Influência de H/W no fluxo de ar	28
Figura 7 - Concentração de Poluentes lançados sem os obstáculos dos edifícios e no centro da cidade de Baltimore	29
Figura 8 - Diferentes possibilidades de implantação de um bloco de mesmo volume	32
Figura 9 - Localização do Bairro em estudo no mapa de Bauru, no estado de São Paulo e no Brasil.....	41
Figura 10 - Quantidade de Moradores	43
Figura 11 - Visualização em 3D, realizada no ArcView, do número de moradores na região	43
Figura 12 - Numero de Dormitórios por Domicílios	44
Figura 13 - Faixa de Renda Familiar	44
Figura 14 - Visualização em 3D, realizada no ArcView, da renda mensal das famílias do bairro, em salários mínimos.	45
Figura 15 - Habitantes da Área de Estudo	45
Figura 16 - Consumo Médio Mensal	46
Figura 17 - Visualização em 3D, realizada no ArcView, do levantamento do consumo médio de energia sobre o bairro.....	46
Figura 18 - Época do Ano de Maior Consumo Energético	47
Figura 19 - Quantidade de Chuveiros Elétricos.....	47
Figura 20 - Quantidade de Geladeiras por Domicilio.....	48
Figura 21 - Numero de Freezer	48
Figura 22 - Quantidade de Aparelhos de Ar Condicionado	49
Figura 23 - Quantidade de Aquecedores Elétricos.....	49
Figura 24 - Visualização em 3D, realizada no ArcView, dos índices de Fator de Visão do Céu na área de estudo	50

Figura 25 – Dados do Entorno de P1	55
Figura 26 – Croqui de implantação e FVC de P1	56
Figura 27 – Foto de Fachada de P1.....	57
Figura 28 – Corredor Lateral de P1	57
Figura 29 – Fundos de P1	57
Figura 30 – Dados do Entorno de P2	58
Figura 31 – Croqui de implantação e FVC de P2	59
Figura 32 – Fachada de P2	60
Figura 33 – Corredor lateral de P2	60
Figura 34 – Fundos de P2.....	60
Figura 35 – Outro corredor de P2.....	60
Figura 36 – Dados do Entorno de P3	61
Figura 37 – Croqui de implantação e FVC de P3	62
Figura 38 – Fachada de P3	63
Figura 39 – Corredor lateral de P3	63
Figura 40 – Fundos de P3	63
Figura 41 – Outro corredor de P3.....	63
Figura 42 – Dados do Entorno de P4	64
Figura 43 – Croqui de implantação e FVC de P4	65
Figura 44 – Fachada de P4	66
Figura 45 – Fundos de P4	66
Figura 46 – Corredor Lateral de P4	66
Figura 47 – Dados do Entorno de P5	67
Figura 48 – Croqui de implantação e FVC de P5	68
Figura 49 – Fachada de P5	69
Figura 50 – Corredor lateral de P5	69
Figura 51 – Fundos de P5	69
Figura 52 – Outra Lateral de P5	69
Figura 53 - Consumo médio mensal por residência estudada	72
Figura 54 - Área construída por residência estudada.....	73
Figura 55 - Consumo por área construída das residências estudadas	73
Figura 56 - Fator de visão de céu por residências estudadas	74
Figura 57 - Consumo de Energia Elétrica em função do FVC das cinco unidades estudadas.....	75

Figura 58 - Consumo de energia elétrica em função do tempo de sombreamento ...	76
Figura 59 - Área de fachada exposta e suas respectivas unidades residenciais	77
Figura 60 - Consumo por área exposta nas Fachadas Nordeste	77
Figura 61 - Consumo por área exposta nas Fachadas Noroeste	78
Figura 62 - Consumo por área exposta nas Fachadas Sudeste	78
Figura 63 - Consumo por área exposta nas Fachadas Sudoeste	79

II LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comportamento de materiais em relação à radiação solar	34
Tabela 2 - Faces de P1	56
Tabela 3 - Faces de P2	59
Tabela 4 - Faces de P3	62
Tabela 5 - Faces de P4	65
Tabela 6 - Faces de P5	67
Tabela 7 - Importância relativa das variáveis no valor do consumo de energia elétrica conforme o modelo desenvolvido em RNA.....	81

1 INTRODUÇÃO

O clima urbano, além de ser regido pelas condições climáticas gerais de uma determinada região, depende das características físicas e relações espaciais de cada elemento que compõe a cidade e afeta diretamente o desempenho energético dos edifícios. O consumo de energia elétrica de uma edificação, dentre variáveis diversas, está diretamente ligado às condições luminosas e térmicas do seu entorno urbano. Se por um lado a incidência solar, em determinado período do dia ou do ano, representa ganho de calor em uma edificação, podendo levar o usuário a ativar um equipamento elétrico para atingir o seu conforto térmico, por outro as condições de céu para aquela mesma edificação podem estar favoráveis ao conforto lumínico do usuário, não havendo necessidade de serem mantidos equipamentos de iluminação ativados. Uma superfície iluminada resulta em uma fonte indireta de luz. Segundo Mascaró (1985), a luz refletida pelo entorno representa de 10 a 15% da luz diurna recebida por janelas, podendo, em locais cujo entorno não está exposto ao sol direto, a luz refletida representar mais da metade da luz recebida por janelas localizadas em superfícies sombreadas.

Sob este aspecto, influem diretamente na atitude do usuário o desempenho termo-lumínico da edificação, resultante, dentre outras características do edifício, das relações espaciais existentes entre as edificações e o seu entorno. Interferindo nos padrões de temperatura e iluminação desempenhados pelo edifício, o projeto e sua implantação na malha urbana é um dos fatores responsáveis pela demanda de energia elétrica do usuário para utilização de lâmpadas e aparelhos elétricos.

Pesquisas anteriores de Souza e Pizarro (2001), Souza e Silva (2001) e Souza *et al* (2002) demonstram que variáveis geométricas como forma, orientação e altura do edifício são elementos relevantes para o consumo de energia em uma edificação isolada. Por outro lado, Souza (1996), apresenta um modelo que relaciona a geometria urbana das edificações como um dos elementos responsáveis pelo balanço térmico urbano e a conseqüente formação de ilhas de calor. Watkins (1999) cita diversas pesquisas elaboradas para estudos do fenômeno da ilha de calor, porém indica que poucos estão preocupados com o impacto deste fenômeno no consumo de energia dos edifícios.

Considerando-se que a forma de implantação de uma fração urbana interfere nas condições de reflexão, absorção e transmissão de luz e calor para os edifícios que compõem o entorno imediato, existe uma relação direta entre a forma de implantação desta edificação e o padrão de consumo de energia elétrica de edificações residenciais.

Diante do exposto não se pode esquecer que sempre que se fala em conforto, refere-se ao usuário dessa edificação. Em várias escalas de projeto a Ergonomia busca suprir essa demanda em mobiliário, máquinas, equipamentos, utensílios, vestuário, etc. Aqui, estuda-se a escala da Ergonomia da Edificação e da Ergonomia Urbana, ou seja, a adequação da edificação e da ocupação do meio urbano ao conforto do usuário.

Este trabalho procura colaborar com a continuidade da pesquisa Projeto-CEU (Consumo de Energia Urbano), coordenado pela Prof^a Dr^a Léa Cristina Lucas de Souza, orientadora dessa pesquisa, e que deve a colaboração de diversos bolsistas de Iniciação Científica, a saber: Pedrotti (2004/2005), Leme (2004/2005), Costa (2005), Correa (2005), Oliveira (2006), Postigo (2006), Nakata (2006). Muitos dos resultados até aqui encontrados pelo projeto são descritos resumidamente no corpo desta dissertação.

Através do projeto CEU foram verificadas tendências de consumo de energia elétrica no bairro residencial Vila Universitária na cidade de Bauru-SP, que demonstram a necessidade de ser ampliado o estudo para questões mais específicas da forma de implantação do edifício nesse consumo.

Trata-se, portanto de um trabalho que estabelece um estudo de interface entre a escala urbana e a escala do edifício propriamente dita.

Logo, a abordagem tem como área de estudo o mesmo bairro residencial estudado no PROJETO CEU, utilizando-se dos dados gerados com aquela pesquisa.

A pesquisa tem como objetivo geral o estudo da influência do desenho de implantação do edifício sobre o consumo de energia elétrica promovido pelo usuário. Para isso têm-se como objeto de estudo específico, as edificações residenciais térreas.

Seus objetivos específicos podem ser destacados:

- Dar continuidade e aprofundamento dos estudos realizados pelo Projeto CEU;

- Identificar os possíveis padrões de consumo de energia elétrica do usuário causados pela localização, orientação e forma do edifício;
- Gerar informações, tais como, qual a melhor posição de implantação da unidade para um determinado lote, ou mesmo qual item mais interfere no consumo de energia de uma unidade, e que essas informações possam ser transportadas para o campo prático do projeto arquitetônico, de forma que algumas diretrizes ou orientações projetuais possam ser extraídas;
- Fornecer bases ambientais mais apropriadas para o desenvolvimento urbano, promovendo maior ergonomia urbana.

A verificação dessa hipótese é elaborada através de coleta de dados, cruzamento de informações, análise e formulação de diretrizes.

Para isso considera-se que os dados de consumo de energia elétrica da área são comparados aos dados de forma, orientação e localização do edifício.

São realizadas etapas de classificação da implantação das edificações, para que possam ser agrupadas em edificações que sejam comparáveis umas às outras. Esta etapa permitiu selecionar as edificações a serem estudadas.

Com os dados de área construída, volume construído e área livre das quadras, o padrão do entorno das edificações selecionadas pode ser identificado.

A forma como o edifício ocupa o lote e sua localização na quadra foi identificada, assim como sua orientação ao sol.

O cruzamento destes dados foi realizado pela sobreposição das diversas informações obtidas, permitindo a elaboração de gráficos e tabelas que auxiliam na análise e identificação das possíveis relações das diversas características de implantação com o consumo de energia elétrica.

A complexidade das relações levou ainda a uma verificação da importância de cada variável no consumo de energia elétrica, aplicando-se técnicas de Redes Neurais Artificiais (RNA). A partir destas informações puderam ser extraídas diretrizes projetuais.

Os procedimentos metodológicos específicos são detalhadamente descritos em capítulo apropriado.

Para a abordagem aqui proposta, essa dissertação está dividida em 9 capítulos.

Inicialmente (capítulos 1, 2, 3 e 4) é feita uma revisão bibliográfica e aprofundamento teórico sobre eficiência energética, condicionantes do consumo de energia e redes neurais artificiais.

O capítulo 5 caracteriza a área de estudo e apresenta os resultados já alcançados pelo projeto CEU.

O capítulo 6 descreve detalhadamente a metodologia.

O capítulo 7 apresenta os levantamentos de dados para caracterização dos edifícios residenciais selecionados.

O capítulo 8 aborda os resultados e análises.

Por último são apresentadas as conclusões no capítulo 9.

2 PLANEJANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA URBANA

O conforto térmico é um dos requisitos necessários para que o ser humano desenvolva suas atividades adequadamente. Dentre as variáveis do conforto térmico estão as condições climáticas do meio ambiente, o metabolismo do corpo, o tipo de vestimenta, o peso, a idade, o sexo e a atividade desenvolvida.

Quando a perda e ganho de calor do corpo humano não se igualam, é causado o desconforto térmico. Segundo Frota e Schiffer (2003, p. 20) “O organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade.” Xavier e Lamberts (2002) acrescentam que a neutralidade térmica se dá quando o organismo troca com o ambiente, cargas proporcionais de absorção e liberação de calor.

Mas o ambiente tem que proporcionar condições para que esta neutralidade ocorra. No caso de climas quentes, por exemplo, essa neutralidade nem sempre é alcançada, pois o corpo só perde calor para o ambiente, quando este apresenta temperaturas inferiores a do corpo. Com isso, o usuário acaba por vivenciar um desconforto térmico. Desconforto este, que, segundo Costa, Rodrigues e Labaki (2005, p.522), “diminui as condições de habitabilidade humana”.

Pela própria disponibilidade de recursos tecnológicos, para atingir o conforto térmico, o ser humano recorre a alternativas dispendiosas de climatização dos ambientes, provocando aumento no consumo de energia. Mascaró (1991) diz que a energia usada para climatizar os locais pode representar uma drenagem constante de recursos difíceis de repor. No caso brasileiro, as características climáticas predominantes levam a cargas térmicas que provocam mais gasto de energia, devido aos sistemas de condicionamento de ar e ventilação.

Mas, não só as questões térmicas estão envolvidas com o consumo de energia, também os requisitos lumínicos para atender as necessidades do ser humano resultam em consumo de energia. A necessidade de se utilizar iluminação artificial é uma constante dos ambientes, mas que poderia ser minimizada com a adequada utilização da iluminação natural como fonte de luz.

A luz nos permite captar as informações do entorno, sendo ela uma das necessidades mais importantes para que possam ser desenvolvidas as atividades

cotidianas. A luz natural é a fonte fundamental para a iluminação dos ambientes, no entanto, não se pode excluir a importância da luz artificial. Pelo contrário estas duas fontes são complementares e a noite, quando a luz natural não está disponível, a luz artificial torna-se a mais importante das fontes para o conforto lumínico do usuário.

Na busca de critérios para o projeto arquitetônico, a luz natural deve ser a fonte mais valorizada. A luz natural, além de permitir a própria orientação temporal pelo ritmo de sua variação diária cíclica, facilita a orientação e percepção do espaço e suas cores, proporcionando maior produtividade das atividades exercidas em um ambiente.

Neste caso a luz artificial pode ser projetada para ser utilizada apenas como um complemento a iluminação natural, sendo utilizada somente quando a natural não for suficiente para garantir a iluminação mínima desejada de um ambiente, podendo ser acionada parcialmente.

O alto custo da utilização de energia elétrica necessária para a produção da luz artificial é um dos problemas ambientais mais preocupantes diante da crise energética mundial.

No ano de 2001 o Brasil vivenciou uma grande crise energética para a qual os seguintes fatores simultaneamente podem ter colaborado: o aumento populacional, o avanço da tecnologia, que cada vez mais produz aparelhos movidos à eletricidade, a falta de conscientização, períodos de estiagem, além do uso de aparelhos que climatizam ambientes. De acordo com a Vesper (www.escolavesper.com.br acesso em 19 jan. 2006), estima-se que até 2030 a demanda mundial por energia dobre. Com o crescimento urbano Santamouris (2001) alerta para o fato de que um aumento de 1% na população urbana representa um aumento de 2.2% no consumo de energia.

A busca por melhor desempenho energético nas edificações deve ser constante. Mas esta preocupação não se limita ao edifício isoladamente, já que toda a cidade se configura como palco das atividades humanas e consumo de energia. Nesse sentido, o planejamento urbano é uma ferramenta essencial para o desempenho energético urbano. Conforme citam Gasparini et al (2004), o crescimento das urbes levou a um desempenho urbano, que se reflete no seu tecido, de forma que a ergonomia urbana encontra-se comprometida.

A idéia de planejamento urbano só surgiu nos países em desenvolvimento a partir da década de 60, sob condições de um crescimento desordenado e consequentes problemas acarretados ao meio ambiente. Segundo Lombardo (1985), o

processo de urbanização mundial leva à sobrecarga da natureza, alterando toda a ecologia das cidades, em especial daquelas onde o crescimento foi mais rápido e sem planejamento adequado.

A agressão de um ambiente urbano a um ambiente natural é tal, que pode alterar o clima de uma determinada região. Mendonça (2003) afirma, por exemplo, que a degradação vegetal aumenta com desenvolvimento urbano e a vegetação tem um papel importante no controle, regulação e minoração das temperaturas urbanas. Assim a sua degradação pode significar aumento das temperaturas atingidas por uma cidade.

Gonçalves (2003), diz que as metrópoles são os ambientes mais afetados climaticamente, pois são a parte da superfície terrestre mais modificada. Quanto maior for a cidade, maiores e mais graves os problemas que ela traz ao meio ambiente e conseqüentemente ao clima.

O planejamento voltado para as questões climáticas é uma preocupação recente. Para Monteiro (2003), cada vez mais se faz necessário o planejamento urbano sob a ótica dos aspectos climáticos e sociais, além da economia.

Instrumentos reguladores eficazes são cada vez mais necessários, para que permitam o desenvolvimento urbano, porém garantido a eficiência energética. Neste aspecto os Códigos de Obras e Edificações, que determinam vãos mínimos de áreas de iluminação e ventilação natural, profundidades máximas de ambientes em relação a sua altura, dentre tantos outros índices de salubridade e conforto assumem um papel importante, como instrumentos que podem definir as condições desejáveis nas construções. Mas as características das cidades devem ser identificadas para que o planejamento e regulamentação possam alcançar seus objetivos.

No caso das cidades brasileiras, elas se desenvolveram de acordo com os costumes e conhecimentos arquitetônicos das diferentes épocas. A cidade colonial, por exemplo, não estabeleceu bases precisas para a fundação ou administração das povoações, pelo caráter marginal de sua ocupação. Segundo Rolnik (1997), a colonização portuguesa não apresentava um conjunto de regras escritas para o desenho das cidades, ou seja, havia uma ocupação mais livre da terra, desde que os lucros sobre a terra estivessem garantidos. Contudo, algumas normas, presentes nos códigos lusitanos foram importantes para a definição de uma posterior ordem urbanística brasileira.

Já com o desenvolvimento das cidades industriais, com as novas tecnologias e hábitos do século XIX, foram surgindo modificações incorporadas nas cidades e nas construções. Os códigos sanitários brasileiros foram desenvolvidos, inspirados na legislação sanitária europeia, e implantados pioneiramente em São Paulo. Esses códigos visavam proporcionar à população um ambiente sadio e decente.

Mais tarde, as cidades modernas cresceram baseadas nas concepções da Carta de Atenas e as cidades-jardim também foram incorporadas nos códigos brasileiros, como é o exemplo de Brasília. Assim os princípios modernistas foram absorvidos pela legislação a partir dos Congressos Internacionais da Arquitetura Moderna (CIAM).

O crescimento desordenado do tecido urbano é a principal característica das cidades atuais. O descaso em relação à ocupação implica na degradação da qualidade de vida e da própria ergonomia urbana. Como argumentam Mascaró e Mascaró (1992), ocorre um descompasso entre o crescimento populacional e a ampliação da infra-estrutura urbana.

Os códigos atuais ainda guardam alguns detalhes do antigo, em relação às posturas sanitárias e aos planos de zoneamento. Contudo existem iniciativas para a adequação ambiental e a racionalização do consumo de energia (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992).

Em 1985, Mascaró e Mascaró (1992) apresentaram uma proposta para os Códigos de Obras (preocupação com características físicas e geométricas dos materiais, componentes das construções), os Planos Diretores e as Normas Técnicas (caráter mais geral, válidas para todo o território nacional) como instrumentos normativos aplicáveis ao projeto, construção, conservação e uso das edificações a fim de apresentarem características técnico-ambientais desejáveis, constituindo-se em agentes de defesa e promoção do bem-estar coletivo.

Até a década de 90, as únicas normas existentes no Brasil em relação à eficiência energética eram as NBR 5431 e 6401, de 1982, mas tratavam somente de iluminação e ar condicionado, sem a preocupação de eficiência energética nas edificações. Um projeto de normas, no entanto, já há alguns anos em processo de aprovação pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), passou a vigorar em maio de 2005.

Para Tavares e Lamberts (2005), a primeira iniciativa instituída para promover a eficiência energética resultou da crise de energia de 2001, pela Lei 10295 de

17/10/2001. Nesta Lei é estabelecido que “o Poder Executivo desenvolverá mecanismo que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País”. A partir daí uma série de iniciativas foram tomadas para a maior eficiência energética no país.

Os mesmos autores indicaram que o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) da ELETROBRÁS estabeleceu um Plano de Ações em edificações, incluindo vertentes de: arquitetura bioclimática, indicadores referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação de energia, e educação. Dos diversos projetos envolvidos em cada uma destas vertentes, está justamente a regulamentação da eficiência energética nas edificações.

As características das edificações são essenciais para o desempenho térmico do edifício e da própria cidade. Neste caso, a nova norma técnica brasileira ABNT-15220 de 2005 merece especial atenção. A norma sugere características construtivas mínimas para o desempenho térmico adequado das edificações, dando especial atenção às habitações de interesse social.

O setor residencial é um segmento que deve ser considerado minuciosamente. Em 2003, segundo a Câmara Brasileira de Investidores em Energia Elétrica (CBIEE), o consumo de energia no Brasil cresceu 5% de janeiro a julho, o equivalente a 174,053 gigawatts (GWh), com base em levantamento do Departamento de Estudos Energéticos e Mercado (DEEM), da Eletrobrás (matéria de 07/10/2003). O mercado que mais cresceu foi o comercial, com expansão de 7,1% no ano, mas, ainda assim, o segmento onde ocorreu a maior expansão foi o residencial, com 11,7%. Para o ano de 2006, o consumo doméstico mensal de 67% dos brasileiros estabelece-se entre, 51-300 kWh mensais.

É necessário, portanto que se estabeleçam critérios de construções adequadas no setor residencial, de forma a que se alcance maior eficiência energética. No entanto, estas questões não se limitam a considerações internas às edificações, mas também às suas características de implantação. Nesse sentido, o estudo das influências da forma de implantação do edifício no tecido urbano é fundamental para que se alcance tal objetivo.

3 CONDICIONANTES DO CONSUMO DE ENERGIA

Levando em consideração as condicionantes energéticas dos edifícios, a quantidade de energia utilizada depende de fatores como: a localização, as condições climáticas, os materiais construtivos, a orientação e posição das aberturas, a forma do edifício e uso de equipamentos eletro-eletrônicos. Soma-se a isso a influência das atividades desenvolvidas no edifício, que estão diretamente relacionadas à forma de utilização que o usuário estabelece naquele espaço. Destaca-se, porém, que esta pesquisa não tem por objetivo estudar o comportamento do usuário, o que exigiria uma outra abordagem metodológica. Neste capítulo são especificadas apenas as questões quanto à implantação que podem influir no consumo interno do edifício.

3.1 Quanto à Posição Geográfica

O local de implantação do edifício é um dos principais condicionantes energéticos. A latitude e a altitude do local de implantação determinam a energia solar recebida, porque a quantidade de energia solar, que chega à Terra em diferentes comprimentos de onda, depende da época do ano, das condições atmosféricas e do ângulo de incidência dos raios solares.

Locais cujas latitudes são mais próximas à linha do equador tendem a receber maior quantidade de radiação solar, com ângulos de incidência mais ortogonais e menores caminhos percorridos pelos raios solares na atmosfera. Para locais com maiores latitudes, o inverso é verdadeiro.

Da mesma forma, a altitude influi na quantidade de energia, de forma que quanto maior a altitude do local, menores as temperaturas alcançadas, já que diminuem os gases de efeito estufa contidos na atmosfera terrestre e, portanto, menor a capacidade de armazenamento de calor pela atmosfera. Em média, a cada 100 m de altura ocorre uma queda de $0,6^{\circ}\text{C}$ na temperatura.

A inter-relação dos diversos elementos climáticos (radiação, temperatura, vento, umidade) estabelece diversos tipos de clima (quente-úmido, quente-seco, composto, frio, temperado, etc) sobre a superfície terrestre, e que determinam os diferentes ganhos de energia e necessidades energéticas. Segundo o estudo de Schiller (2001), nas latitudes mais altas da Europa, o acesso solar direto é um benefício e a legislação privilegia isso. Já em climas quentes essa questão é mais complicada, porque a sombra solar é desejável e a incidência direta de sol, geralmente, provoca superaquecimento.

3.2 Quanto à Localização no Entorno e no Lote

A localização do edifício no lote é um dos principais parâmetros projetuais e que tem influência no ganho de calor por radiação solar e no sombreamento. Almeida et al (2006), por exemplo, mostram as diferentes formas de implantação no lote (Figura 1), para residências multifamiliares. São destacadas as residências implantadas de forma isoladas, geminadas e em faixas.

Pela comparação entre as forma de implantação observa-se que o acesso solar de edificações isoladas é maior do que aquele em residências implantadas em faixas ou geminadas.

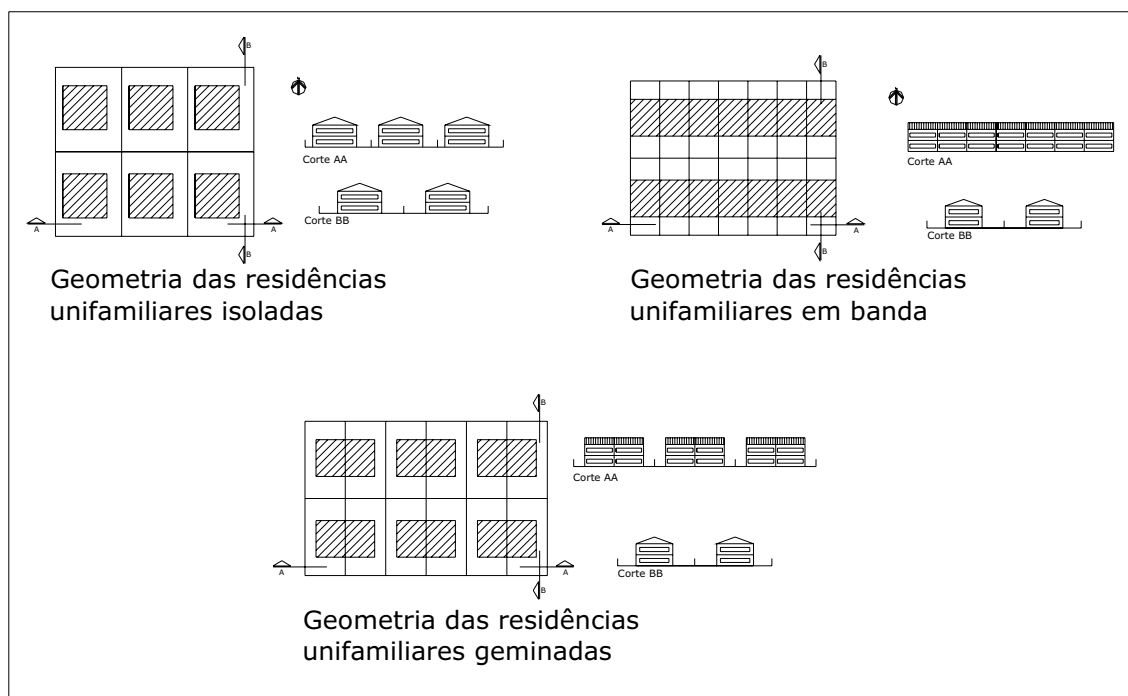


Figura 1: Disposição de residências unifamiliares no terreno. Fonte: Almeida et al. (2006)

Ainda é possível analisar o entorno com relação à altura do edifício e a largura da via (H/W) (Figura 2). Por esse fator pode-se ter uma idéia da interferência entre edifícios e da proximidade entre eles. Quanto menor for esse índice, menor será essa interferência e mais distantes estarão. As edificações interferem no fluxo de ar, no acesso solar e na capacidade de absorção da radiação entre um e outro.

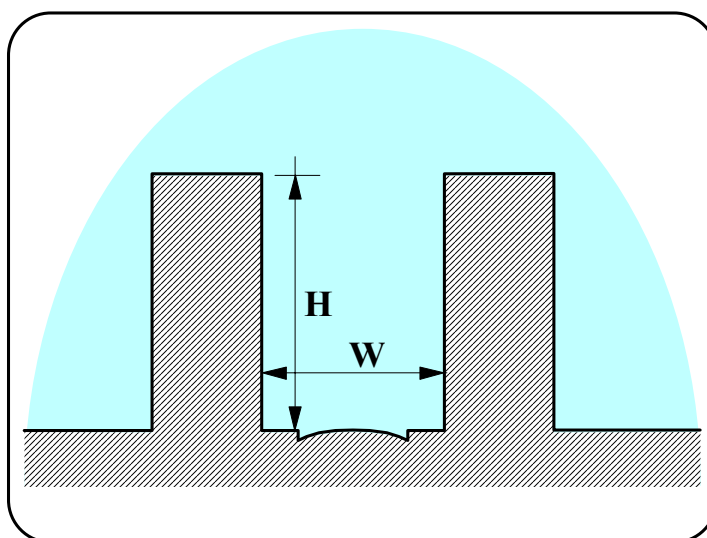


Figura 2: Relação H/W - Fonte: Souza (1996)

O acesso solar é reduzido com edifícios mais altos em localizações especiais ou mesmo quando a largura da via é pequena. Isso pode sombrear áreas e reduzir ganhos solares ao mesmo tempo em que pode prejudicar a iluminação (Figuras 3 e 4).

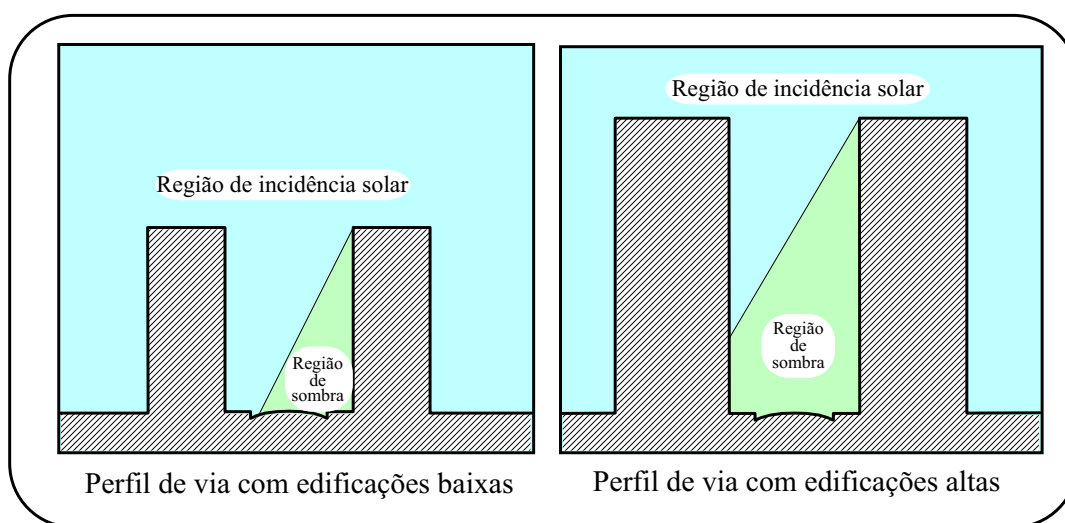
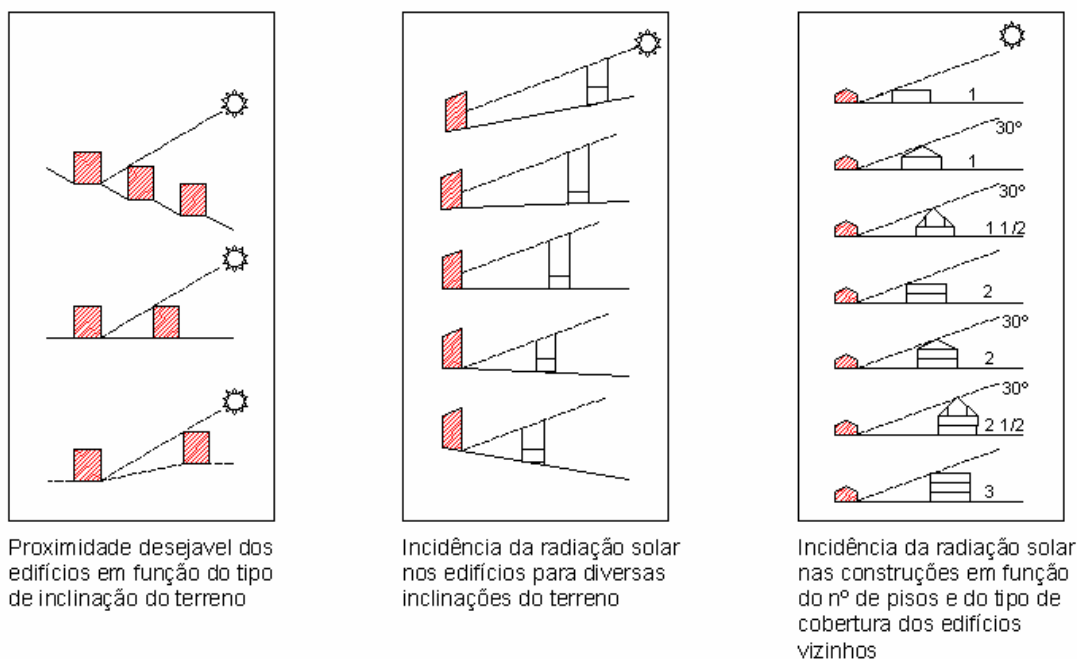


Figura 3 - Acesso solar de acordo com H/W - Fonte: Souza (1996)



$a = \text{nº de pisos}$

$\alpha = \text{altura solar}$

$b = a / \tan \alpha$

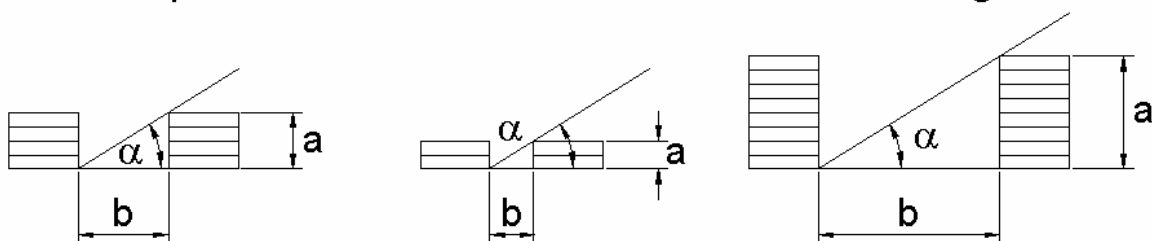


Figura 4 - Acesso solar de acordo com H/W - Fonte: Adaptado de Almeida (2006)

Outra forma de se verificar as relações do lote com seu entorno e o conseqüente acesso solar é através do Fator de Visão do Céu. Souza (1996) demonstra que o FVC é um dos parâmetros responsáveis pela troca de calor entre o ambiente urbano e o céu. O resfriamento das superfícies terrestres é proporcional à área de céu visível a partir desta superfície. O céu, com sua temperatura normalmente inferior a da superfície terrestre, é elemento essencial no balanço de energia. O FVC indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu e que representa uma estimativa da área visível de céu.

Em outras palavras, o FVC é uma estimativa geométrica da fração visível do céu, considerando a “obstrução” feita pelos obstáculos do entorno. Seu valor é sempre menor do que 1.

A Figura 5 apresenta uma representação do FVC para um ponto intra-urbano. A máscara representa os edifícios do entorno de um ponto de observação, os pontos o trajeto do sol nas diferentes épocas do ano e o centro da imagem, a porcentagem de céu visível. Uma forma de se obter esta imagem é por fotos a partir de câmeras fotográficas equipadas com lente tipo “olho de peixe”. Outra possibilidade é através de recursos computacionais, como, por exemplo, o software 3DSkyView, desenvolvido por Souza, Rodrigues e Mendes (2003), o qual gerou a imagem apresentada na Figura 5.

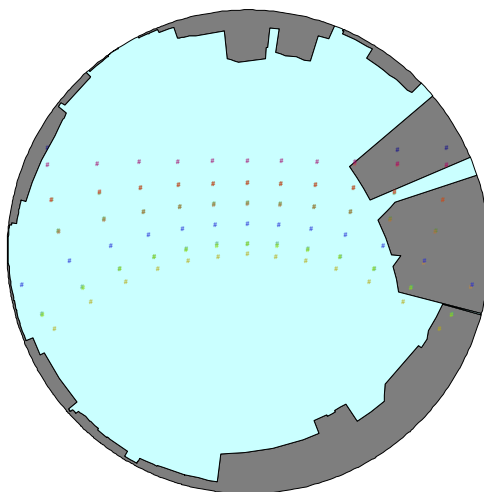


Figura 5 – Representação gráfica do fator de visão do céu, gerado pelo software 3DSkyView.

Também o comportamento das massas de ar é relacionado às suas temperaturas e ao meio que estas dispõem para passagem do ar. Quanto menor a área para a passagem do ar, maior será sua velocidade e a rugosidade das superfícies também altera essa velocidade.

As edificações criam um campo de turbulência ao seu redor (Figura 6), mas a medida em que o espaçamento diminui, o fluxo de ar tende a não penetrar nesses espaços, criando um campo isolado, onde há uma redução na perda de calor por turbulência.

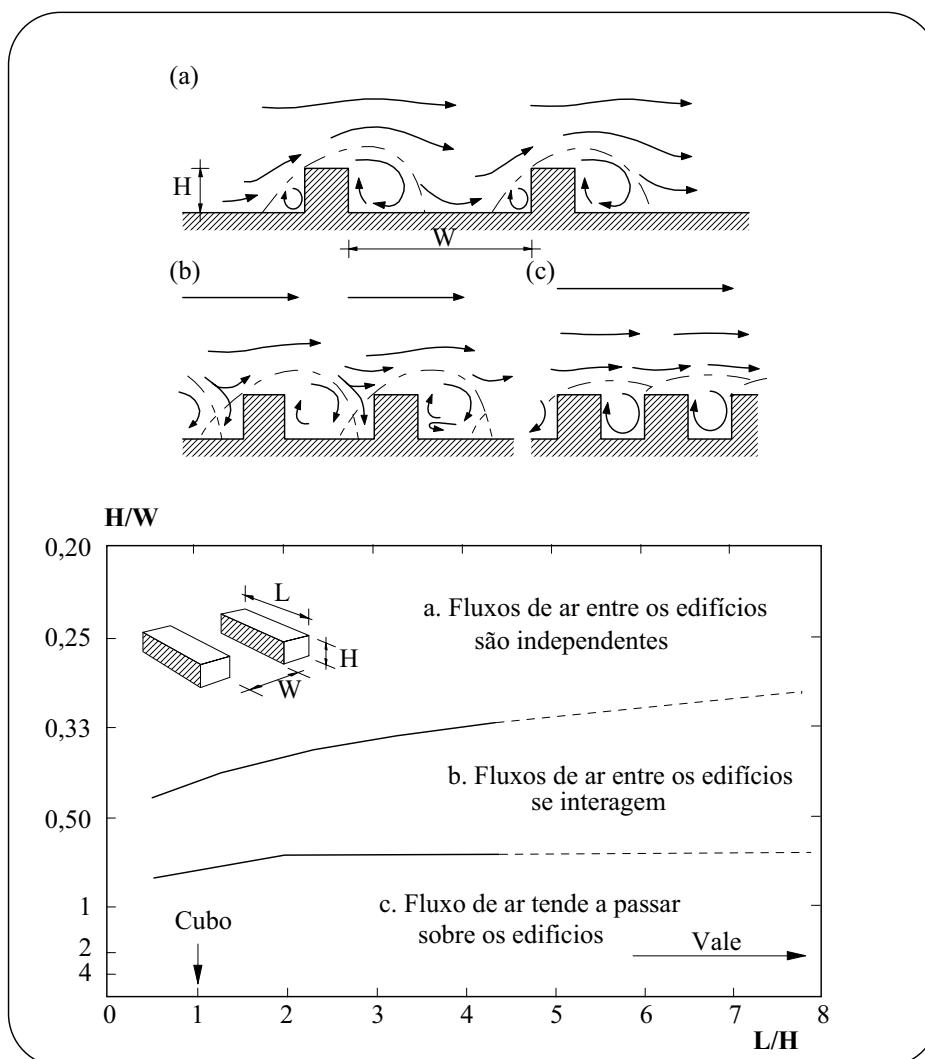


Figura 6 - Influência de H/W no fluxo de ar - Fonte: SOUZA (1996)

Watkins (1999) afirma que durante a noite a velocidade do vento no meio urbano é muito maior que no meio rural, ao contrário que durante o dia. Além disso, as constatações deste estudo indicam que:

- Ruas largas e espaços abertos facilitam o fluxo de ar e melhoram a ventilação das partes internas da cidade (Figura 7);
- O sistema quadriculado de ruas favorece a penetração do ar na cidade;

- A baixa velocidade do ar em áreas urbanas reduz a dispersão de calor gerada na cidade e seus efeitos podem ser particularmente danosos durante dias calmos com alta radiação.

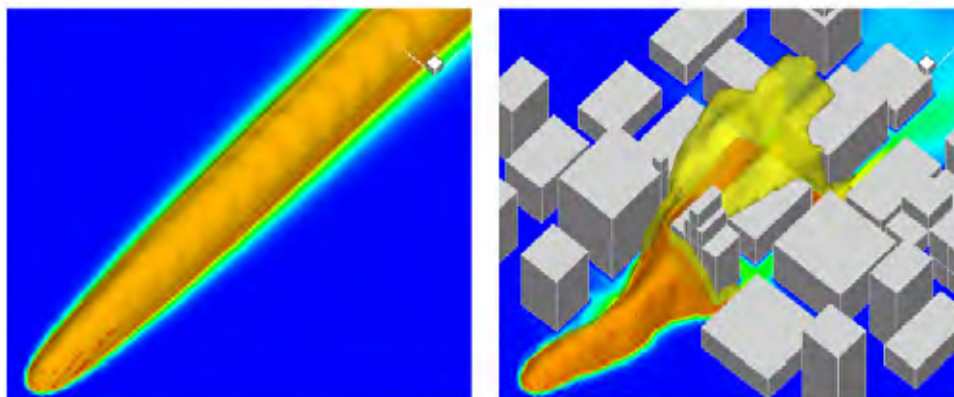


Figura 7 - Concentração de Poluentes lançados sem os obstáculos dos edifícios e no centro da cidade de Baltimore – EUA. Fonte: artigo publicado pela Environmental Science & Technology

Duarte e Serra (2003) complementam os conceitos sobre ventilação, afirmando que:

- A altura variável de edifícios facilita parte do fluxo para baixo, favorecendo a circulação do ar no nível do pedestre,
- O uso de pilotis favorece a circulação por entre os edifícios,
- Recuos maiores facilitam a circulação do vento e aumentam o potencial de iluminação natural, reduzindo a carga térmica da iluminação artificial.

É possível mapear as trajetórias locais de vento para antecipar futuras consequências da ocupação da cidade. Assim, pode-se determinar corredores de vento, que devem permanecer desobstruídos para a melhoria do conforto urbano e, para a dispersão de poluentes, inclusive com a presença de vegetação nessas áreas.

Segundo Schiller (2001), o impacto do vento nas áreas urbanas, junto com o acesso solar afeta vários aspectos urbanos e do desempenho da edificação, como perdas de calor do edifício e o conforto nas áreas abertas, públicas ou privadas.

3.3 Quanto à Orientação do Edifício

Outro dado primordial para o desempenho do edifício é a orientação. Esta também determina se a radiação e os ventos serão ou não favoráveis ao conforto da edificação e que necessidade o usuário terá de acionar equipamentos eletrônicos para alcançar esse conforto. Num edifício mal orientado não se consegue otimizar os ganhos solares no inverno e é praticamente impossível evitar a penetração de radiação com protetores solares durante o verão (ALMEIDA et al. , 2006).

Toledo (2003) mostra que há diferenças significativas na carga térmica recebida pelo edifício conforme a orientação, principalmente quando se compara a orientação norte-sul e a leste-oeste (diferença de 13,58%) e que o sombreamento das aberturas sempre contribui para a redução de carga térmica de resfriamento (no caso de climatização), especialmente a norte-sul.

Souza e Pizarro (2001) estudando quantitativamente a orientação de blocos de edifícios residenciais de 4 andares indicam que esta variável se mostrou mais importante do que o número de freezers, por exemplo. Segundo essa pesquisa, a orientação contribui em média com 17% no consumo de energia elétrica. A orientação de maior consumo correspondeu àquelas com fachadas voltadas a 100°N, enquanto o ângulo de 30° N representou o menor consumidor, dentre os ângulos estudados.

Mascaró e Mascaró (1992) afirmam que a orientação é um fator mais crítico em grandes latitudes, onde a variação da radiação recebida é mais ampla, do que em pequenas.

Segundo artigo “Sustainable Design Strategies” da Technology Scanning Issues, publicado pelo Departamento de Desenvolvimento de Moradia e Urbanismo dos Estados Unidos:

- Ruas com orientação de N/S podem ter sombras de 40 a 80% de sua área, dependendo da latitude;
- A orientação de NO/SE pode ter apenas de 30 a 50% de sua área sombreada, durante o ano;
- A orientação L/O também alcança apenas 30% de sua área sombreada.

Para Rosenlund (2001), em lugares onde o conforto é atingido principalmente pela movimentação de ar, é importante orientar o edifício de acordo com os ventos

predominantes. E em regiões onde a temperatura tem mais influência no conforto que a ventilação, a orientação com relação ao sol é importante e pode facilmente ser observada nos diagramas solares.

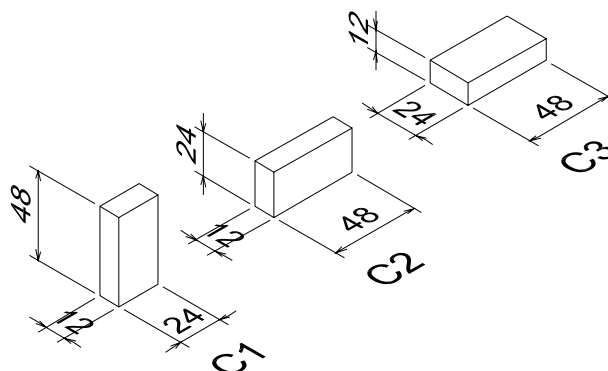
As recomendações dadas por Schiller (2001) em relação ao acesso solar nas estações quentes são:

- As formas do edifício devem evitar grandes superfícies a leste e a oeste expostas ao sol de verão;
- Edifícios devem prover sombra parcial na área de circulação de pedestres, bem como espaços para a plantação de árvores que protejam a incidência solar ao meio dia, quando o sol está fechado no zênite;
- Grandes espaços abertos (públicos ou privados) vão receber pouca sombra dos edifícios vizinhos, então as principais fontes de sombra serão as árvores.

3.4 Quanto à Forma do Edifício

Para análise da forma do edifício é possível utilizar um parâmetro que se denomina fator de forma. Esse fator relaciona a área da envolvente e a área útil do pavimento ou volume útil do edifício. Quanto menor for esse fator, mais compacto é o edifício e menor é quantidade de trocas térmicas com o ambiente. As perdas térmicas de um edifício são diretamente proporcionais ao fator forma, diminuindo com o aumento do volume do edifício (ALMEIDA et al 2004).

A figura 8 mostra como um edifício de mesma área habitável, com mesmo volume apresenta fatores de forma distintos.



C1 – Fator de Forma: 0,27 C2 – Fator de Forma: 0,25 C3 – Fator de Forma: 0,21

Figura 8 - Diferentes possibilidades de implantação de um bloco de mesmo volume. Fonte: Adaptado de ALMEIDA et al (2004)

3.5 Quanto as Características dos Materiais Construtivos

Os materiais possuem propriedades térmicas determinantes do conforto térmico de um ambiente e, portanto do seu consumo de energia.

A condutividade térmica, a densidade e o calor específico dos materiais são as características que influem no seu comportamento térmico.

A condutividade é a quantidade de calor que atravessa um metro linear do material por unidade de tempo. Se um material tiver alta condutividade térmica, ele será um bom condutor e a temperatura externa tende rapidamente a se manifestar no interior do edifício. Os maus condutores isolam melhor o ambiente, fato que deve ser aproveitado corretamente, de acordo com as necessidades de conforto.

O calor específico é a quantidade de calor que pode ser armazenado no material e influi na velocidade de transmissão do calor de uma face à outra deste. Quanto maior o calor específico de um material, maior será a quantidade de energia calorífica necessária para aumentar sua temperatura e mais energia ele será capaz de armazenar.

A densidade do material se relaciona a essas duas propriedades, pois se um material é muito denso, ou seja, tem muitas partículas sólidas, a tendência é que

armazene bastante calor. Materiais pouco densos, com camadas de ar em seu interior tendem a ter baixa condutividade, pois o ar parado é dos melhores isolantes. A espessura das paredes é outro item importante, paredes espessas são capazes de um melhor retardo térmico, ou seja, a temperatura de uma face demora a se manifestar na outra.

A chamada inércia térmica é o conjunto de propriedades de retardo térmico e amortecimento, ou seja, ela diz se a temperatura de uma face demorará a se manifestar na outra. Segundo Almeida (2001), esse é um fator que claramente interfere no desempenho térmico de uma edificação, e que torna possível a diferença de mais de 20% de consumo de energia para edifícios com grande inércia térmica quando comparado com aqueles de pequena.

No Brasil, a norma da ABNT, NBR 15.520 “Desempenho térmico das edificações” (2005), contém recomendações quanto à:

- Definições, símbolos e unidades;
- Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

Armelin e Cherry (2003) pesquisaram a eficiência das mantas de subcobertura muito usadas sob coberturas de alumínio e em crescimento no mercado brasileiro. O resultado foi que alguns desses aparatos conseguiram reduzir em até 80% a entrada de calor na residência e que a ventilação da cobertura isolada diminui a entrada de calor em 13%. Deste modo, é possível reduzir o aquecimento da casa, o desconforto térmico e sua demanda por energia elétrica.

Além disso, o comportamento dos materiais em relação à radiação solar é a característica que determina a quantidade de radiação solar que atravessa o material.

A absorção solar aumenta, pois o ambiente urbano está cercado de superfícies refletoras, inclusive as ruas (Tabela 1).

Tabela 1 – Comportamento de materiais em relação à radiação solar (Fonte: Olgyay (1968)).

Reação dos materiais à radiação solar e térmica			
Superfície	Reflexibilidade % Rad. Solar	Radiação Térmica	Emissividade % Rad. Térmica
Prata Brilhante	93	98	2
Alumínio brilhante	85	92	8
Cal	80	-	-
Cobre brilhante	75	85	15
Lâmina cromada	72	80	20
Tinta de chumbo branca	71	11	89
Mármore branco	54	5	95
Pintura verde clara	50	5	5
Pintura alumínio	45	45	55
Ardósia	43	5	95
Madeira clara	40	5	95
Fibrocimento de um ano	29	5	95
Tijolo de argila vermelho	23-30	6	94
Tinta cinza	25	5	95
Ferro galv. Oxidado	10	72	28
Preto fosco	3	5	95

Coefficiente de absorção de radiação solar (onda curta)	
Telha ou placa de argila	0,8
Placa de concreto reforçado	0,7
Lâmina de fibrocimento cinza	0,5

O material de revestimento dos edifícios também interfere no conforto térmico e lumínico um do outro. Assim, os materiais reflexivos propiciam um bom isolamento térmico do interior da edificação justamente por refletir a radiação solar para o exterior, aquecendo esse ambiente.

Quanto à interferência entre edifícios na radiação, as principais características do material de revestimento são:

- Emissividade – relacionado à emissão de ondas longas, não depende da cor, apenas do polimento da superfície. A mesma quantidade absorvida é emitida. Quanto maior o polimento, menor a emissividade.
- Reflexividade – depende diretamente da cor e do polimento da superfície, sendo maior quanto mais claro e mais polido for o material.

3.6 Quanto às Aberturas dos Edifícios

O tamanho e o posicionamento das aberturas determinam ganhos solares (aumento ou diminuição da energia térmica recebida pela edificação), iluminação e forma de ventilação. A abertura normalmente é a maior fonte de perda/ganho de calor, como de iluminação natural, que se utilizada pode-se reduzir significativamente o consumo energético, como mostra a pesquisa de Westphal, Lamberts e Guisi(2002).

A luz natural é o resultado da luz direta e indireta do sol, sendo a indireta, produto das reflexões da direta nas nuvens e nos edifícios. A luz natural não é uniforme e depende da posição geográfica do local, da posição do sol, da quantidade de nuvens no céu e ainda é afetada pela reflexão das fachadas dos edifícios vizinhos, pelo fator de reflexão dos materiais dessas fachadas e das paredes do ambiente interno (RABAG 2003).

No verão, a quantidade de luz natural depende mais da posição do sol e no inverno, mais da quantidade e tipos de nuvens no céu e da quantidade de pó na atmosfera (RABAG 2003).

A utilização de vidros está diretamente ligada à questão das aberturas. Segundo Almeida (2001), a eficiência térmica do uso do vidro nas aberturas e seu efeito no desempenho térmico do edifício dependem do tipo de vidro (se é simples ou duplo), do tipo de caixilho (se é de madeira ou é metálico), e da permeabilidade de ar que a janela propicia. Quanto às características lumínicas, atualmente existem novas tecnologias em materiais de revestimento que usam o vidro integrado a sistemas de brises e estruturas capilares de controle solar, como mostra a pesquisa de Rabag (2003). Assim, é possível proteger a área próxima à janela da luz solar direta e redirecionar essa e a luz difusa para o interior do ambiente, otimizando a iluminação natural e economizando energia.

3.7 Quanto à Vegetação do Entorno

A presença de árvores e vegetação em geral também é sentida no ambiente urbano. Além de ser um fator de redução térmica, é também um agente de atenuação da poluição, de aumento da umidade relativa, e até de melhora de drenagem e das condições de ventilação e conseqüente dispersão de poluentes e muitos outros benefícios psicológicos e físicos.

Segundo Romero (2001), as diferenças entre ambientes com e sem vegetação são:

- A vegetação tem menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica que os materiais dos edifícios.
- A radiação solar é, em grande parte, absorvida pelas folhas, e a reflexão é pequena (albedo baixo).
- A taxa de evaporação é muito mais alta nas áreas verdes que nas sem plantas.
- As folhas podem filtrar a poeira e a contaminação do ar.
- A vegetação reduz a velocidade do vento e as flutuações próximas do solo.

Segundo Mascaró (1996):

“a vegetação desenvolve um papel extremamente importante, devido ao fato de que regula a umidade do ambiente, pois interfere na integridade da radiação que chega ao solo ou aos pedestres, no condicionamento do vento, na quantidade de água a ser evaporada ou absorvida pelo solo, além de ser um fator de sombra e suavização da temperatura”.

Os estudos feitos por Fonseca (2001), Melo (2001) e Gasparini (2002) sobre as áreas públicas de lazer em Bauru mostram que as áreas sombreadas e com o microclima mais agradável em virtude de uma maior quantidade de vegetação, atraindo mais pessoas. Conclui também que pisos impermeabilizados e sem sombra são os que apresentam as maiores temperaturas, as menores umidades e as maiores velocidades do vento.

De acordo com a pesquisa de Faria (2003) em Bauru, a distribuição da vegetação exerce um papel fundamental na variação das características térmicas do

clima intra-urbano. As áreas mais densamente construídas apresentam maiores taxas de aquecimento e de resfriamento, em contraposição a áreas com proporção expressiva de vegetação, como bosques, praças e os fundos de vale com grandes extensões de vazios com cobertura vegetal.

Alguns estudos como os de Duarte e Serra (2003) focam a vegetação e discorrem sobre uma boa distribuição desta pela malha urbana. Segundo esses autores, muitos outros pesquisadores concordam que o efeito de um parque grande a partir de um ponto não é tão significativo além dos seus limites quanto a mesma área espalhada pela cidade; cada bairro deveria ter sua parcela de área verde e superfícies d'água para criar no seu entorno condições climáticas mais adequadas e melhor qualidade do ar. Árvores espaçadas em vez de aglomeradas são também mais eficazes para a filtragem de poluentes. Para o conforto higrotérmico do edifício e a redução no consumo de energia para resfriamento, áreas verdes nos lotes em torno das áreas construídas é muito mais significativo.

Em Tóquio, pesquisas mostram que a brisa vinda de um parque para uma área comercial tem o potencial de redução do condicionamento artificial até em 15% entre 1:00 h e 2:00 h da tarde. Para as condições brasileiras, esse índice pode ser até mais alto, visto que as temperaturas são em geral, mais altas. Faltam, no entanto, estudos que comprovem valores.

4 Redes Neurais Artificiais

Como é necessária uma técnica de análise para os dados estudados nesta dissertação, aqui são abordadas as técnicas das Redes Neurais Artificiais como parte da revisão metodológica.

A técnica das Redes Neurais Artificiais (RNA) consiste em um sistema de equações interligadas, para o qual o resultado de uma equação é o valor de entrada para outras, formando uma rede.

As RNA reproduzem uma função matemática, modelando relações entre variáveis. Esse sistema é baseado no comportamento do cérebro humano, tendo o neurônio como elemento de referência e fazendo parte da Inteligência Artificial (IA).

As RNA são capazes de reconhecer padrões em problemas complexos, sendo esta uma das vantagens da sua aplicação. Assim podem ser gerados modelos e identificada a importância das variáveis que geram um determinado evento.

Segundo Silva et al (2004) pode-se definir uma RNA como “um sistema constituído por elementos de processamento, interligados, também chamados de neurônios artificiais, os quais são dispostos em camadas (uma camada de entrada, uma ou várias intermediárias e uma de saída) e são responsáveis pela não-linearidade da rede, através do processamento interno de funções matemáticas. Pode-se dizer que as RNA aprendem com exemplos. Estas possuem uma regra de aprendizagem, que é responsável pela modificação dos pesos sinápticos a cada ciclo de iteração, de acordo com os exemplos que lhes são apresentados.”

Os principais componentes de uma RNA são:

- Elementos de processamento – ou neurônios artificiais, que constituem a rede;
- Estado de ativação – função responsável pelo sinal a ser transmitido aos demais neurônios. É responsável pela não-linearidade da rede;
- Função saída de cada elemento de processamento – controla a intensidade de funções de ativação;
- Ligações entre os elementos de processamento – matriz de pesos que definem o sistema;

- Propagação e função combinação – regras segundo as quais os valores de entrada de um neurônio são combinados com os valores da matriz de pesos para produzir a entrada líquida;
- Aprendizagem – extração de informações relevantes dos dados, criando uma representação própria para o problema. São regras bem definidas para que a rede “aprenda” determinada função.

Existem vários tipos de RNA, das quais as mais utilizadas são as do tipo Multilayer Perceptron (MLP). São redes que contêm camadas de entrada, camada intermediária e camada de saída. Cada nó da camada de entrada leva para dentro da rede o valor de uma variável independente.

Na prática, de posse de dados reais de um determinado evento e conhecimento dos valores de variáveis também reais que podem interferir no valor do evento, um software de RNA processa os dados, e através do processo de aprendizagem, identifica as relações estabelecidas entre as variáveis que influenciam no valor do evento.

Tanto dados de entrada como dados de saída são valores reais para que a rede aprenda essas relações. Após desenvolvida a rede é então possível utilizar o modelo para previsão.

No caso da metodologia aqui proposta, a aplicação dessa técnica é incluída, não para utilização de modelos de previsão, mas para a simples identificação da importância de variáveis e para facilitar assim uma análise.

5 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa aqui proposta está vinculada ao PROJETO CEU – Consumo de Energia Urbana. O projeto CEU procura estudar aspectos da geometria urbana, temperatura e consumo de energia, tendo como base de estudo o bairro Vila Universitária na cidade de Bauru.

Destaca-se que neste capítulo é inicialmente contextualizada a pesquisa do Projeto CEU e seus resultados até aqui alcançados, para em seguida ser apontada a metodologia do estudo proposto. Esclarece-se ainda que o conteúdo abordado sobre a área de estudo é baseado nas pesquisas de Iniciação Científica que estão vinculadas ao mesmo projeto, podendo-se citar os trabalhos de Pedrotti (2004/2005), Leme (2004/2005), Costa (2005), Correa (2005), Postigo (2006), Oliveira (2006), Nakata (2006).

5.1 Sobre a Área de Estudo

A cidade de Bauru (Figura 8) localiza-se entre as latitudes 22°15'S e 22°25'S e entre as longitudes 49°W e 49°10'W. Cidade de porte médio com população total de 344.258 hab. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE, 2004), sendo que 98% de sua população é urbana. Abrange uma área de 673 km² e distante 343 km da cidade de São Paulo, 286 Km em linha reta (Fonte: Departamento de Estradas de Rodagem - DER). Possui uma densidade demográfica de 467 hab/km².

Está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, entre os rios Batalha e Bauru. Tem altitude máxima de 615m e mínima de 490m, com características predominantemente planálticas e topografia pouco acidentada.

Apresenta estação de verão quente úmido e de inverno quente seco. Sua temperatura média é de 26,3°C. Por sua posição geográfica, sofre forte influência da massa equatorial e continental durante o verão, o que produz como efeito muito calor, umidade e precipitações. Sofre também influência da massa tropical atlântica, no outono, inverno e primavera, com calmaria, baixa umidade relativa do ar e céu limpo.

5.1.1 O Bairro de Estudo

O bairro estudado é caracterizado pelo Plano Diretor de 1996 como ZR.3 – Zona Estritamente Residencial, e essa homogeneidade de usos é útil para a verificação de padrões de consumo de energia. Compreende o Bairro Vila Universitária e trechos do Jardim Infante Dom Henrique e é limitado pelas Avenidas Nações Unidas e Otávio Pinheiro Brizolla (lateralmente) e pelo Campus da USP de um lado, e o Bauru Shopping do outro (superior e inferiormente) como mostra a Figura 9.



Figura 9 Localização do Bairro em estudo no mapa de Bauru, no estado de São Paulo e no Brasil. (Fonte: Montagem a partir de varias escalas de aproximação do programa Google Earth)

O bairro Vila Universitária se configura como uma das principais áreas residenciais, que possui uma marcante diversidade construtiva, quanto à verticalidade das edificações na cidade (criando diferentes alturas edificadas). Apresenta ainda grandes infra-estruturas no bairro (hipermercado, shopping, lojas, restaurantes...) que atrai o interesse de muitos moradores, inclusive universitários, para a região.

No Projeto CEU, 60 pontos desta área foram estudados e determinados o fator de visão do céu por Leme (2004/2005) em cada um deles. Conforme já mencionado o fator de visão do céu (FVC) é um parâmetro adimensional, que permite estabelecer a relação entre a área de céu visível em determinado ponto e aquela que estaria disponível se não houvesse nenhuma obstrução do horizonte. É comumente utilizado em estudos térmicos, porque o céu tem papel primordial no balanço de energia, uma vez que toda a energia acumulada pela terra tende a ser emitida para o céu. No caso do projeto CEU o FVC é utilizado como forma de se quantificar a geometria urbana.

5.1.2 O Padrão de Consumo de Energia Elétrica no Bairro

Os dados de consumos de energia elétrica do bairro de estudo foram coletados juntos a CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) por Pedrotti (2004) e as informações obtidas foram sistematizadas em tabelas. Além disso, um questionário (exposto no anexo) foi elaborado por Correa (2005) para identificação do perfil do usuário. Após essa etapa, Oliveira (2006) ampliou a coleta de dados de consumo de energia.

As Figuras de 10 a 23 apresentam os resultados sobre o perfil do usuário para uma melhor visualização dos dados obtidos com os questionários. Neles são apresentadas as porcentagens para cada uma das perguntas do questionário, englobando o resultado total entre os prédios de apartamentos e as residências levantadas.

O levantamento desses dados permitiu um mapeamento da área de estudo, com análises importantes sobre o consumo energético e características térmicas da região. A criação de mapas do bairro realizada pelo mesmo grupo de estudo, foi feita a partir do SIG (ArcView GIS 3.2), permitindo relações entre o consumo de energia e demais características levantadas. Os mapas criados se apresentam nas Figuras 11, 14 e 17.

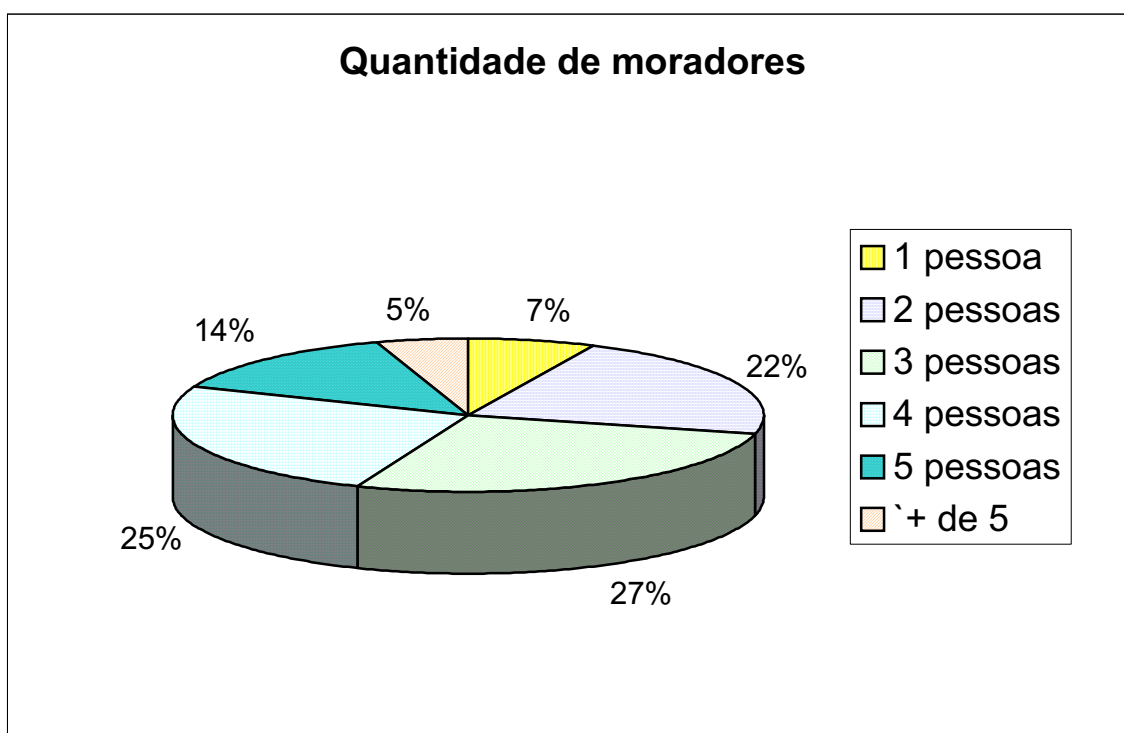


Figura 10: Quantidade de Moradores

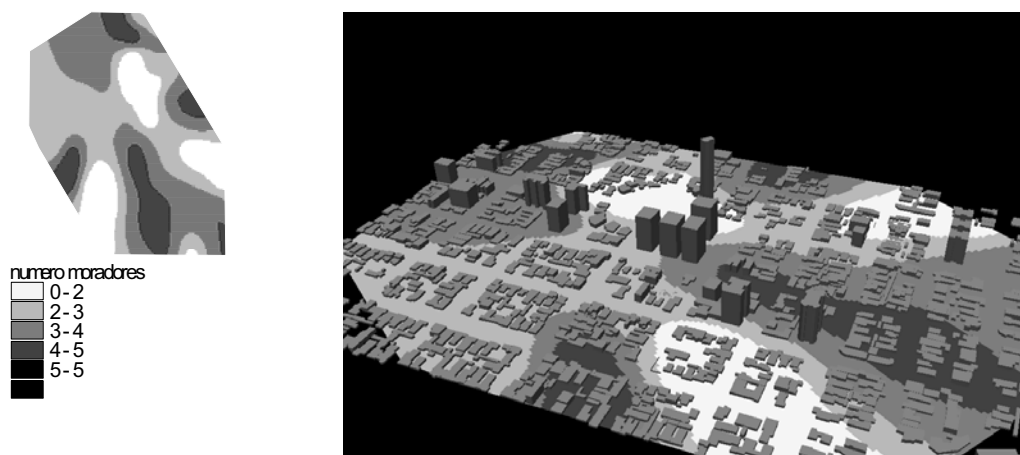


Figura 11: Visualização em 3D, realizada no ArcView, do número de moradores na região – Fonte: SOUZA (2006)

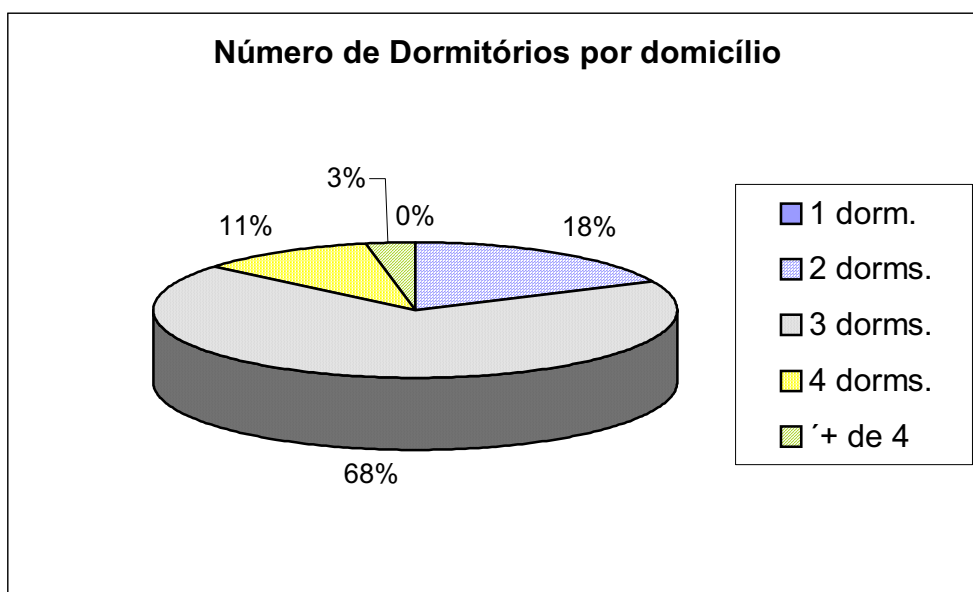


Figura 12: Numero de Dormitórios por Domicílios

A faixa entre 1-10 salários mínimos aparece como a segunda concentração maior de renda da população local. Isso pode ser explicado tanto pela considerável presença de estudantes morando na área, como também a de muitos aposentados.

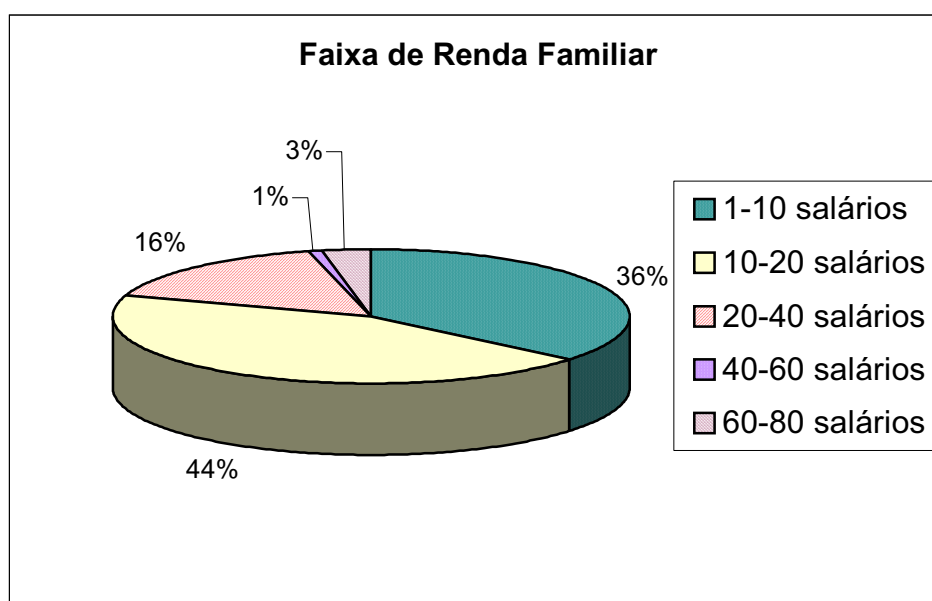


Figura 13: Faixa de Renda Familiar



Figura 14: Visualização em 3D, realizada no ArcView, da renda mensal das famílias do bairro, em salários mínimos – Fonte: SOUZA (2006)

A maioria, ou seja, 31% dos entrevistados apresentaram um consumo de 100-200 kwh/mês; logo em seguida fica a faixa entre 200-300 kwh/mês com 24% das casas, seguido de 13% com 300-400 kwh/mês.

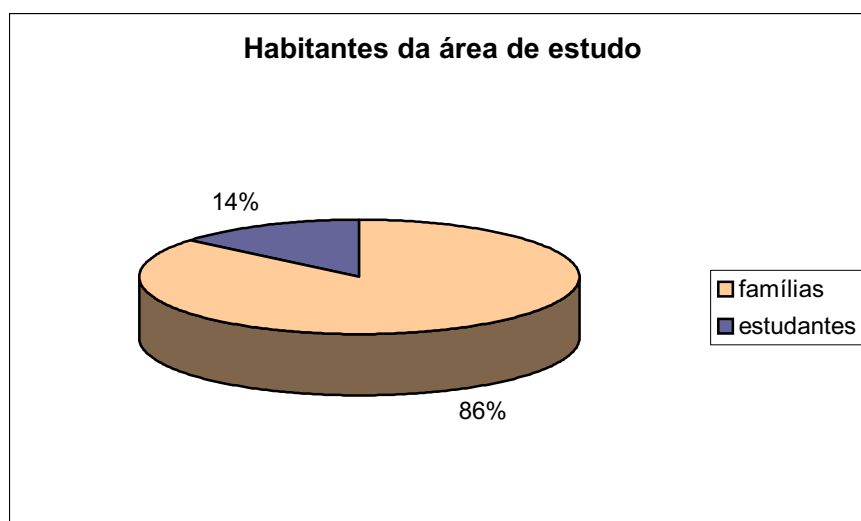


Figura 15: Habitantes da Área de Estudo

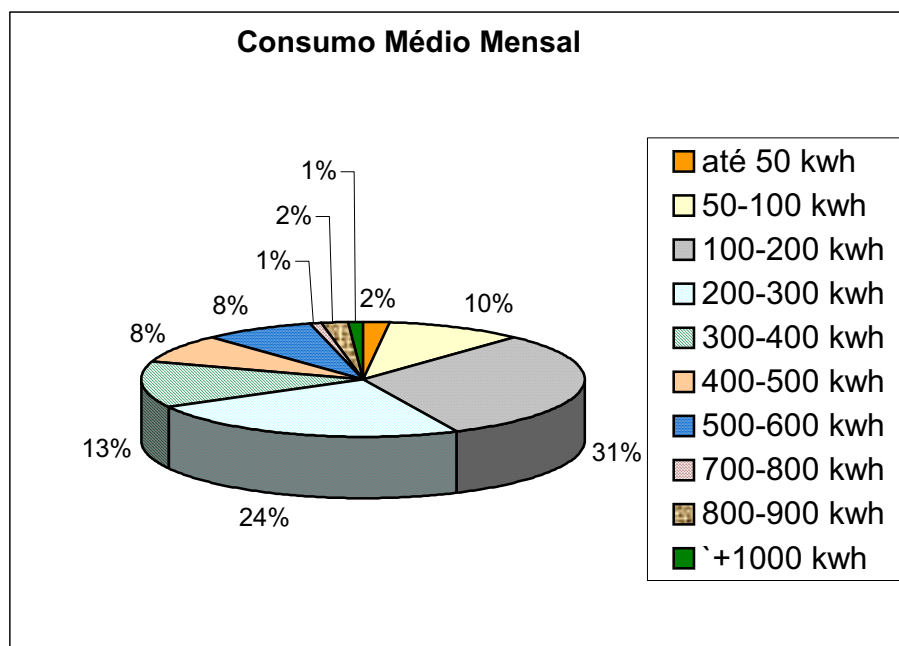


Figura 16: Consumo Médio Mensal

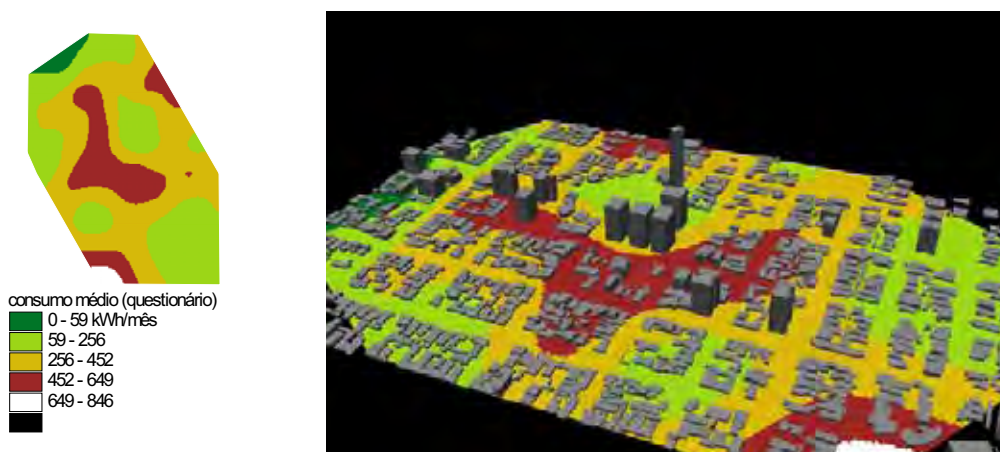


Figura 17: Visualização em 3D, realizada no ArcView, do levantamento do consumo médio de energia sobre o bairro – Fonte: SOUZA (2006)

A Figura 18 demonstra o período do ano em que se costuma gastar mais energia, com base nos moradores entrevistados. O resultado igualou-se entre os meses mais frios do inverno e os mais quentes do verão, devido ao uso extra de energia como chuveiro e possíveis ventiladores, respectivamente.

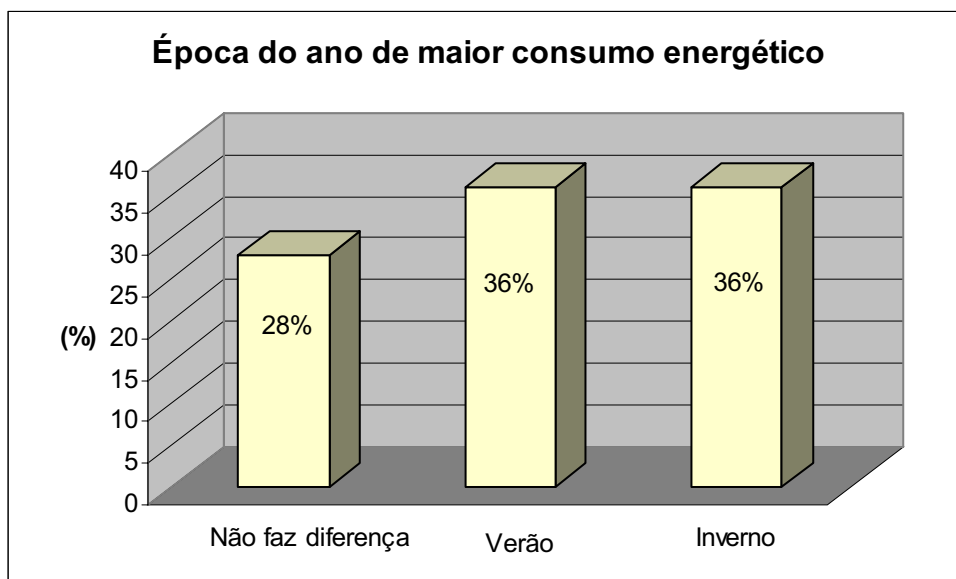


Figura 18: Época do Ano de Maior Consumo Energético

Ocorreu um equilíbrio entre as residências que apresentam tanto a época do inverno quanto a do verão como as de maior custo.

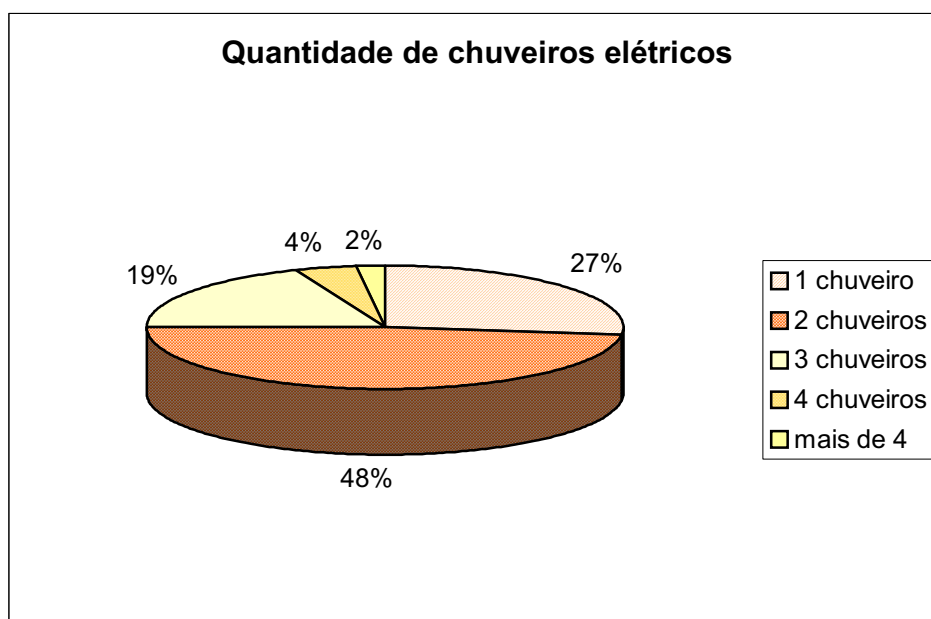


Figura 19: Quantidade de Chuveiros Elétricos

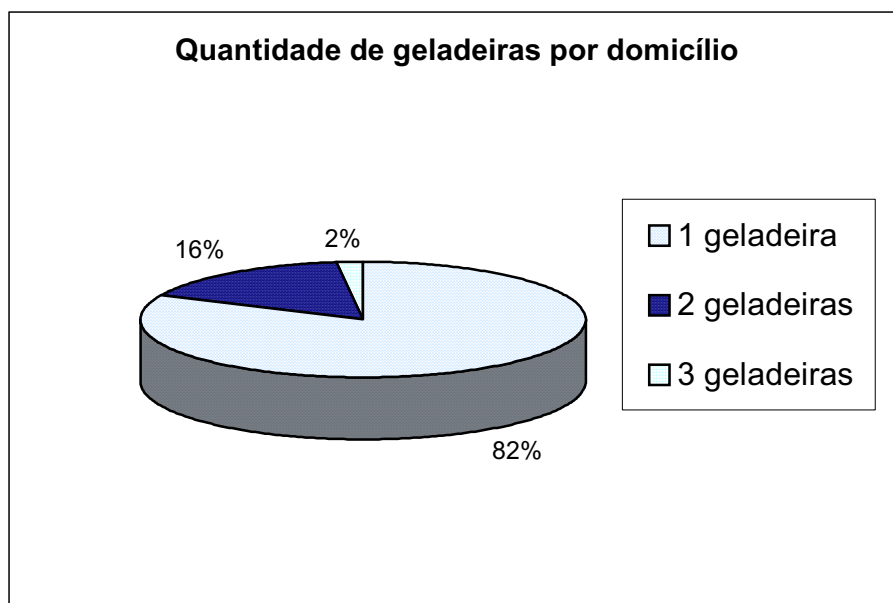


Figura 20: Quantidade de Geladeiras por Domicilio

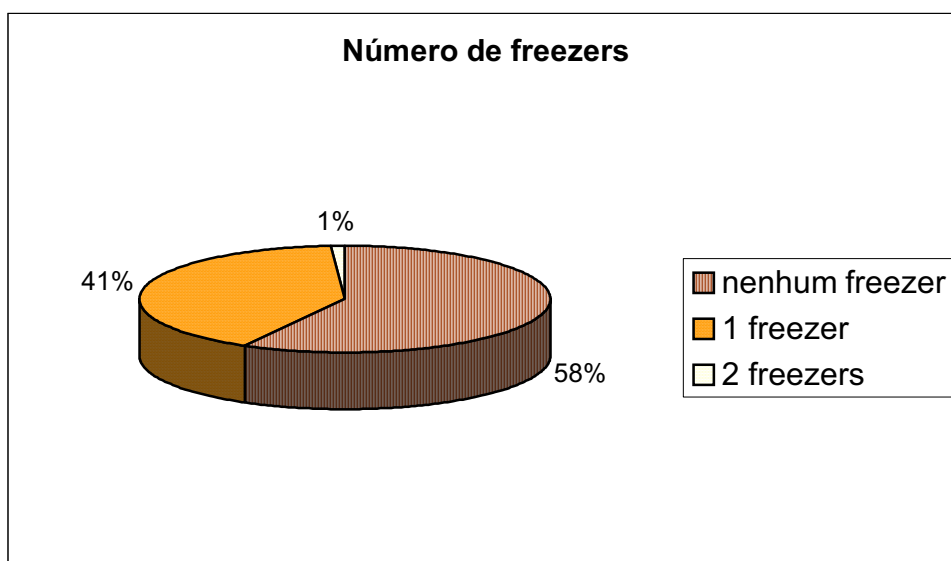


Figura 21: Número de Freezer

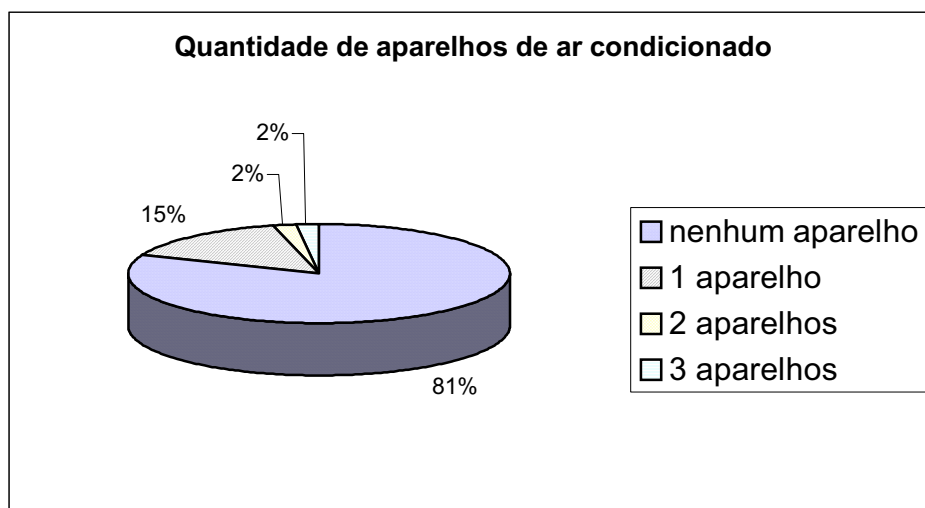


Figura 22: Quantidade de Aparelhos de Ar Condicionado

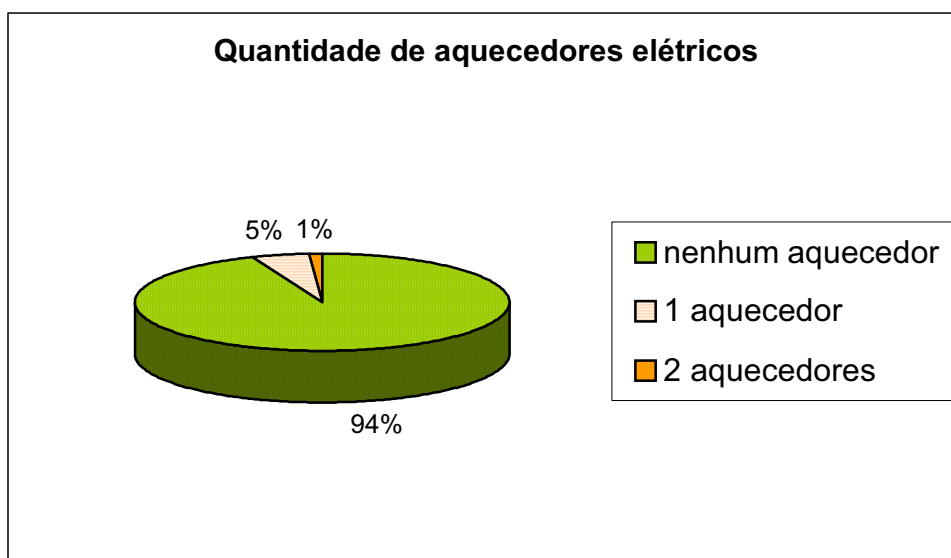


Figura 23: Quantidade de Aquecedores Elétricos

Quanto ao número de aparelhos elétricos nas casas, percebe-se que de maneira geral a maior parte dos domicílios possui 2 chuveiros, 1 geladeira e nenhum freezer, ar condicionado e aquecedor (dados estes dos percentuais mais altos da pesquisa). Isto leva a constatar que não há interferência de uso excessivo (pela quantidade) desses aparelhos no consumo, como o ar condicionado, por exemplo, pois 81% das residências - como indicado no gráfico da figura 22 – não possuem esse aparelho.

De uma forma geral, pode-se constatar que as regiões de maior consumo de energia são praticamente as mesmas em que se localizam as famílias de maior poder aquisitivo, e que a quantidade de pessoas que moram numa mesma residência não é o fator mais relevante de influência no consumo energético da moradia.

Paralelamente o PROJETO CEU promoveu uma coleta de dados de temperaturas do ar, temperaturas superficiais, volume construtivo, área construída e área de vegetação com a colaboração de Pedrotti(2005) e Leme (2005) e posteriormente de Postigo (2006) e Nakata (2006).

Na comparação entre os mapas de consumo de energia e índices de Fator de Visão do Céu (Figura 24), observa-se que os baixos índices de FVC correspondem a maior consumo de energia. Os principais pontos de baixo FVC foram encontrados em áreas com a característica de grande consumidor. A verticalização e a densidade construtiva nesses pontos vêm gerando desconfortos, seja pelo excesso de sombreamento, emissão adicional de ondas longas pelas superfícies diversas dos edifícios, ou falta de ventilação.

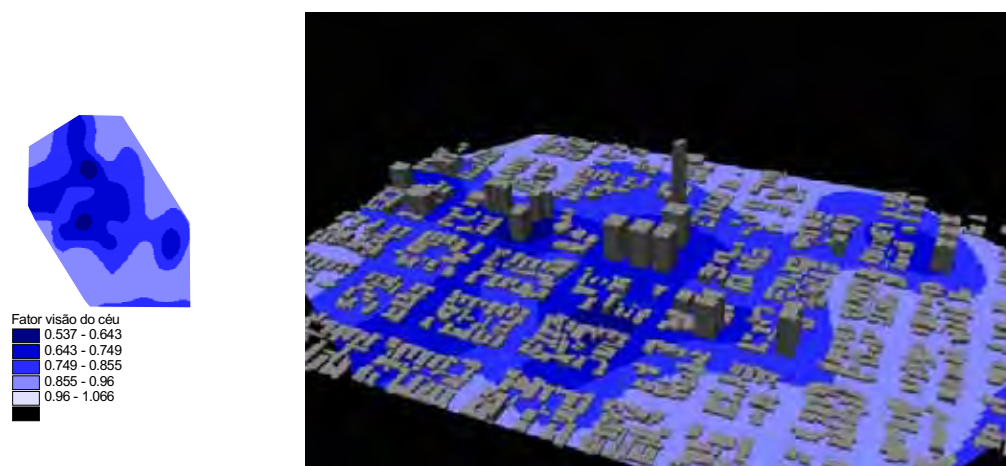


Figura 24: Visualização em 3D, realizada no ArcView, dos índices de Fator de Visão do Céu na área de estudo –
Fonte: SOUZA (2006)

O baixo índice de FVC somado às boas condições financeiras da população moradora do local ocasiona um alto consumo de energia. Porém, uma marcante mancha de alto consumo foi localizada em área de menor condição econômica, o que pode estar demonstrando que o alto índice de FVC daquela localidade no bairro

pode promover temperaturas desagradáveis e levar ao maior consumo de energia elétrica para suprir esse desconforto.

Foi observado que as áreas mais verticalizadas do bairro são habitadas, em sua grande maioria, por moradores de maior poder aquisitivo, verificando assim, que a especulação imobiliária na construção de prédios na região está voltada para a classe média-alta, classe cuja condição financeira permite maiores gastos com energia sem maiores preocupações.

Este estudo inicial mostra aspectos gerais do consumo de energia, mas deixa também claro que alguns estudos mais detalhados podem de fato permitir a identificação de tendências do consumo em função da própria implantação do edifício. É exatamente este o objeto de estudo dessa dissertação

6 METODOLOGIA

A partir dos questionários aplicados pelo Projeto CEU, foi feita uma triagem entre todas as unidades habitacionais entrevistadas a fim de determinar parâmetros de comparação entre elas.

Primeiro, foram separadas as unidades agrupadas em prédios de apartamentos das unidades autônomas. Esse estudo abordará somente as unidades autônomas e de apenas um pavimento (residências térreas).

Como objetos de comparação, foram adotadas aquelas unidades que figuram entre as que possuem:

- 3 moradores
- 3 dormitórios
- 2 chuveiros
- 1 geladeira
- nenhum freezer
- nenhum aparelho de ar condicionado
- nenhum aquecedor

Estes sete critérios de comparação foram escolhidos por serem eles os itens da pesquisa de campo que podem influenciar no consumo de energia elétrica da residência. Assim sendo, somente serão comparáveis aquelas que possuam as mesmas respostas para os critérios acima adotados.

Diante de um total de 100 (cem) unidades entrevistadas, foram encontradas apenas 5 (cinco) unidades que atendam todos os critérios adotados. Cada uma dessas unidades passa agora a ser descrita por: P1, P2, P3, P4 e P5.

Para cada unidade de estudo foram levantados dados de implantação desta unidade no lote, tipo de construção (tipo de alvenaria, tipo de cobertura), cor predominante da área externa, orientação do lote, orientação da implantação da unidade no lote, percentual de aberturas (vãos e caixilhos), orientação de aberturas, além de todos os dados que possam influenciar no consumo de energia elétrica.

Para cada uma das 5 casas foi determinado o fator de visão do céu, através da extensão 3DSkyView. Esse procedimento foi possível, uma vez que toda a base de dados da área já estava incorporada ao SIG ArcView, através do projeto CEU.

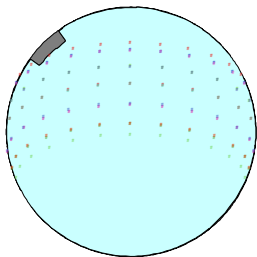
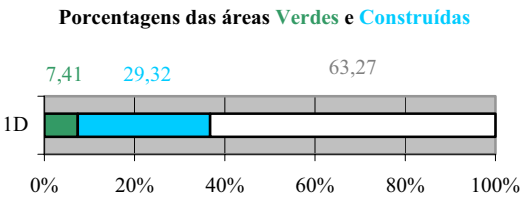
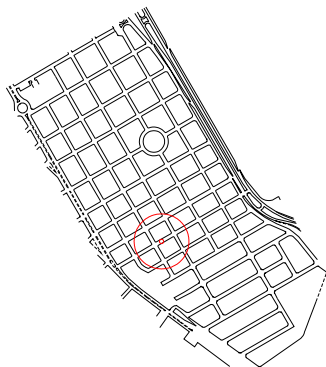
De posse de todos esses dados e em conjunto aos dados levantados pelo Projeto CEU, foi feita uma análise no intuito de identificar quais os principais fatores são responsáveis pela variação no consumo de energia elétrica de cada unidade comparada. Essa identificação da importância das variáveis, por se tratar de variáveis com relações bastante complexas, foi feita aplicando-se a técnica das Redes Neurais Artificiais (RNA). Para fins de maior esclarecimento quanto a essa técnica, o primeiro tópico desse capítulo faz uma apresentação sobre as RNA.

7 DADOS LEVANTADOS

As cinco unidades escolhidas para o estudo, passam agora a ser descritas e analisadas. Para cada unidade, são apresentados dados de caracterização com os seguintes itens:

- Um quadro de apresentação do entorno adaptado do Projeto CEU, usando como referência o ponto mais próximo avaliado por esse projeto.
- Um croqui de implantação da unidade no lote e a orientação do respectivo lote.
- Um gráfico do FVC (Fator de Visão de Céu) de cada unidade pesquisada, com seus respectivos dados de análises.
- Fotos da unidade em estudo.

Assim, por exemplo, no primeiro caso da residência P1, as figuras 25 e 26 mostram os dados obtidos para o ponto referência do projeto CEU com seu raio de abrangência, contendo a unidade P1, enquanto a tabela 2 apresenta dimensionamento das superfícies para esta mesma unidade. Em seguida são apresentadas as fotos da respectiva edificação. Esse mesmo padrão de apresentação é adotado para as demais residências, através das figuras de 26 a 52 e tabelas de 3 a 6.



FVC = 0,93

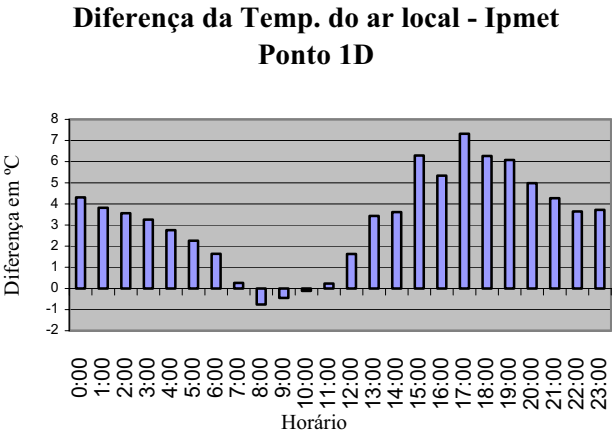


Figura 25: **Dados do Entorno de P1** - Ponto de Medição do Projeto CEU
Fonte: Adaptado de NAKATA (2006)

Dados de P1 – Consumo Médio 250 Kw/h

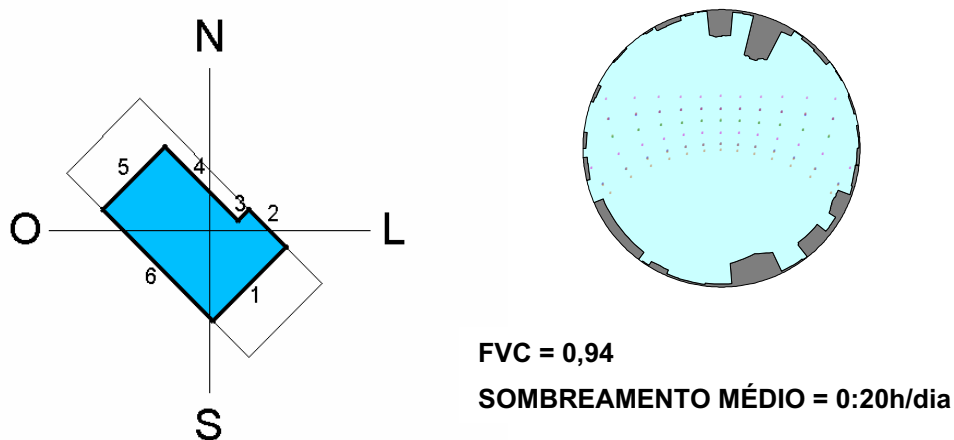


Figura 26: Croqui de implantação e FVC de P1

Tabela 2: Faces de P1 em m²

ORIENT.	FACE	PAREDE m ²	CAIXILHO m ²	VÃO m ²	TOT.FACE m ²	TOT. RELEVANTE m ²
NE	2	15,00	0,00	0,00	15,00	
NE	4	25,85	4,15	0,00	30,00	
TOTAL NE		40,85	4,15	0,00	45,00	30,00
NO	3	4,50	0,00	0,00	4,50	
NO	5	23,90	1,60	0,00	25,50	
TOTAL NO		28,40	1,60	0,00	30,00	30,00
SO	6	45,00	0,00	0,00	45,00	
TOTAL SO		45,00	0,00	0,00	45,00	0,00
SE	1	12,60	2,40	15,00	30,00	
TOTAL SE		12,60	2,40	15,00	30,00	30,00
			TOTAL DAS FACES		150,00	
ÁREA	135,00 m²		TOTAL RELEVANTE			90,00

Fotos de P1



Figura 27: Fachada de P1



Figura 28: Corredor lateral de P1



Figura 29: Fundos de P1

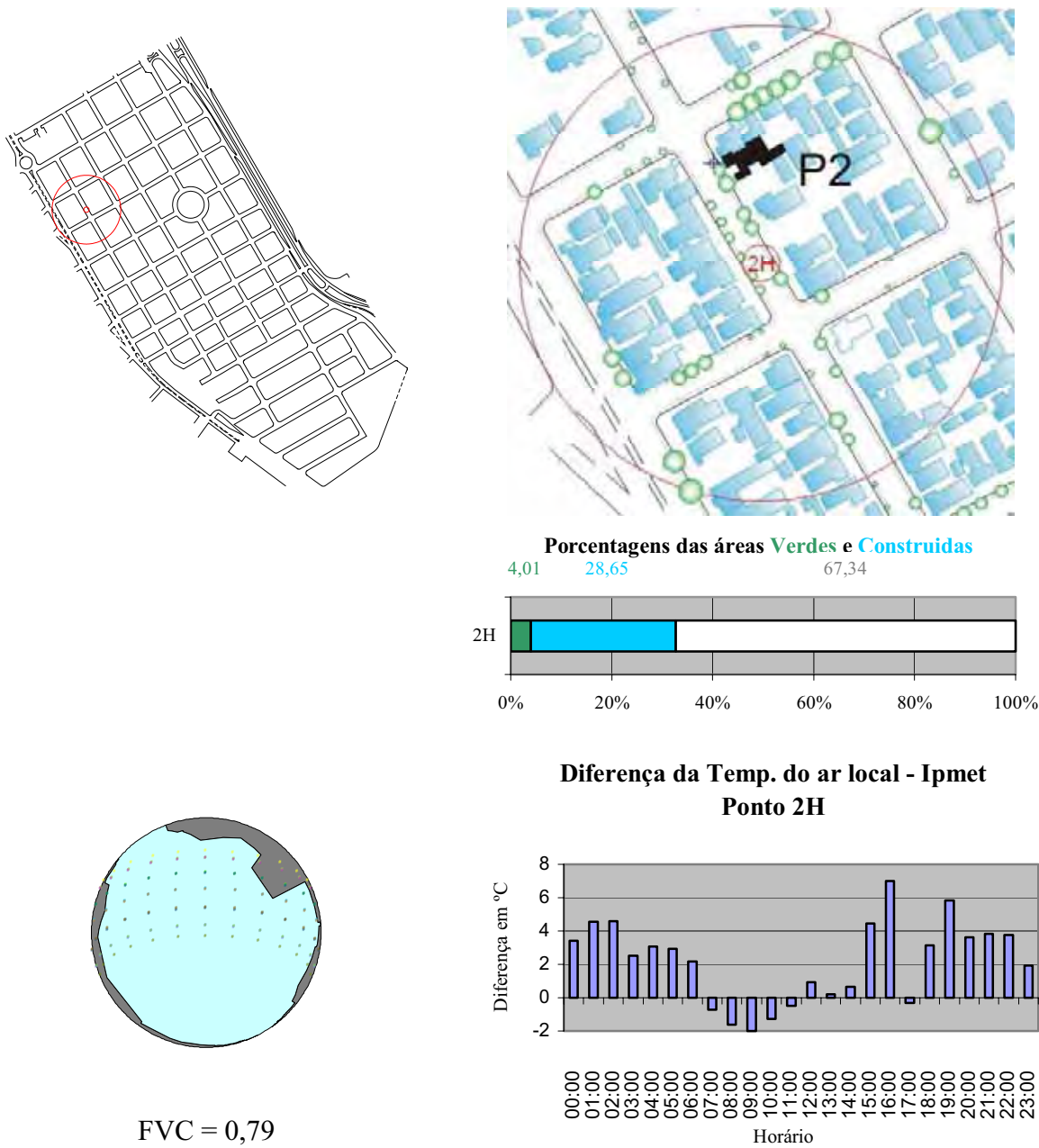


Figura 30: Dados do Entorno de P2 - Ponto de Medição do Projeto CEU
Fonte: Adaptado de NAKATA (2006)

Dados de P2 – Consumo Médio 229 Kw/h

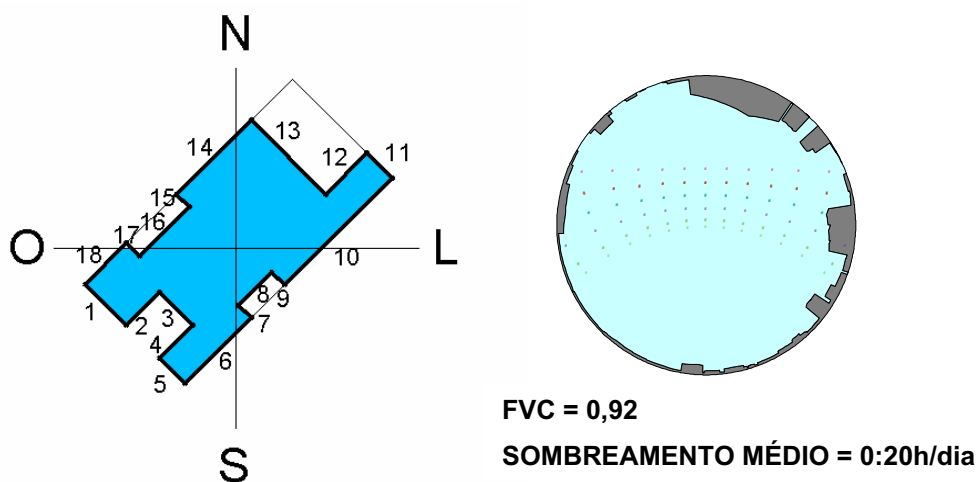


Figura 31: Croqui de implantação e FVC de p2

Tabela 3: Faces de P2 em m²

ORIENT.	FACE	PAREDE m ²	CAIXILHO m ²	VÃO m ²	TOT.FACE m ²	TOT. RELEVANTE m ²
NE	7	2,50	2,00	0,00	4,50	
NE	11	9,00	0,00	0,00	9,00	
NE	13	27,00	0,00	0,00	27,00	
NE	17	2,50	2,00	0,00	4,50	
TOTAL NE		41,00	4,00	0,00	45,00	36,00
NO	4	0,00	0,00	12,00	12,00	
NO	12	0,00	0,00	15,00	15,00	
NO	14	27,00	0,00	0,00	27,00	
NO	16	16,50	1,50	0,00	18,00	
NO	18	15,00	0,00	0,00	15,00	
TOTAL NO		58,50	1,50	27,00	87,00	45,00
SO	1	0,00	0,00	15,00	15,00	
SO	3	10,00	2,00	0,00	12,00	
SO	5	0,00	0,00	9,00	9,00	
SO	9	2,50	2,00	0,00	4,50	
SO	15	4,50	0,00	0,00	4,50	
TOTAL SO		17,00	4,00	24,00	45,00	45,00
SE	2	0,00	0,00	12,00	12,00	
SE	6	24,00	0,00	0,00	24,00	
SE	8	10,00	2,00	0,00	12,00	
SE	10	39,00	0,00	0,00	39,00	
TOTAL SE		73,00	2,00	12,00	87,00	24,00
			TOTAL DAS FACES		264,00	
ÁREA	224,00 m²		TOTAL RELEVANTE			150,00

Fotos de P2



Figura 32: Fachada de P2



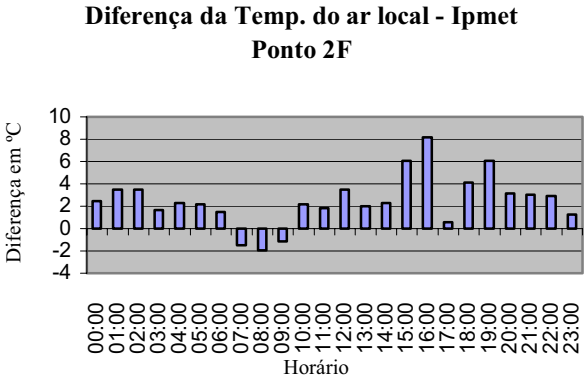
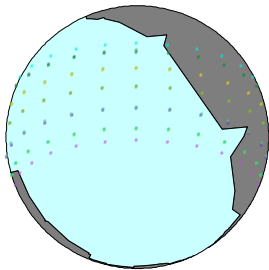
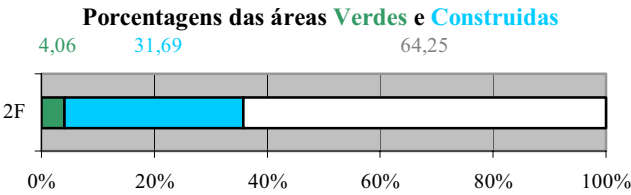
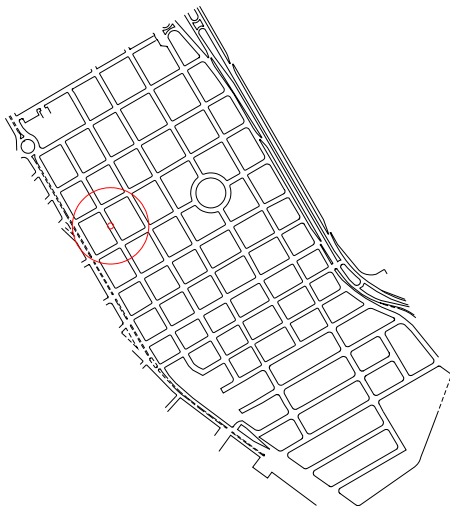
Figura 33: Corredor lateral de P2



Figura 34: Fundos de P2



Figura 35: Outro corredor de P2



$FVC = 0,76$

Figura 36: Dados do Entorno de P3 - Ponto de Medição do Projeto CEU

Fonte: Adaptado de NAKATA (2006)

Dados de P3 – Consumo Médio 292 Kw/h

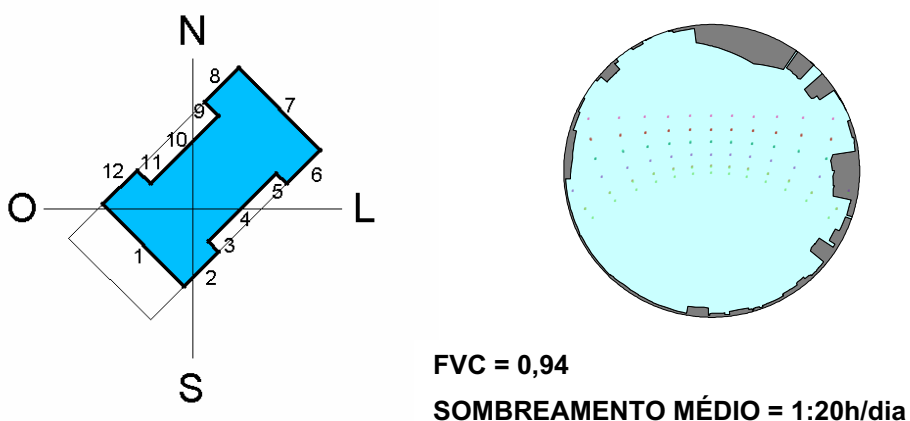


Figura 37: Croqui de implantação e FVC de P3

Tabela 4: Faces de P3 em m²

ORIENT.	FACE	PAREDE m ²	CAIXILHO m ²	VÃO m ²	TOT.FACE m ²	TOT.RELEVANTE m ²
NE	2	15,00	0,00	0,00	15,00	
NE	4	25,85	4,15	0,00	30,00	
TOTAL NE		40,85	4,15	0,00	45,00	30,00
NO	3	4,50	0,00	0,00	4,50	
NO	5	23,90	1,60	0,00	25,50	
TOTAL NO		28,40	1,60	0,00	30,00	30,00
SO	6	45,00	0,00	0,00	45,00	
TOTAL SO		45,00	0,00	0,00	45,00	0,00
SE	1	12,60	2,40	15,00	30,00	
TOTAL SE		12,60	2,40	15,00	30,00	30,00
			TOTAL DAS FACES		150,00	
ÁREA	135,00 m²		TOTAL RELEVANTE			90,00

Fotos de P3



Figura 38: Fachada de P3



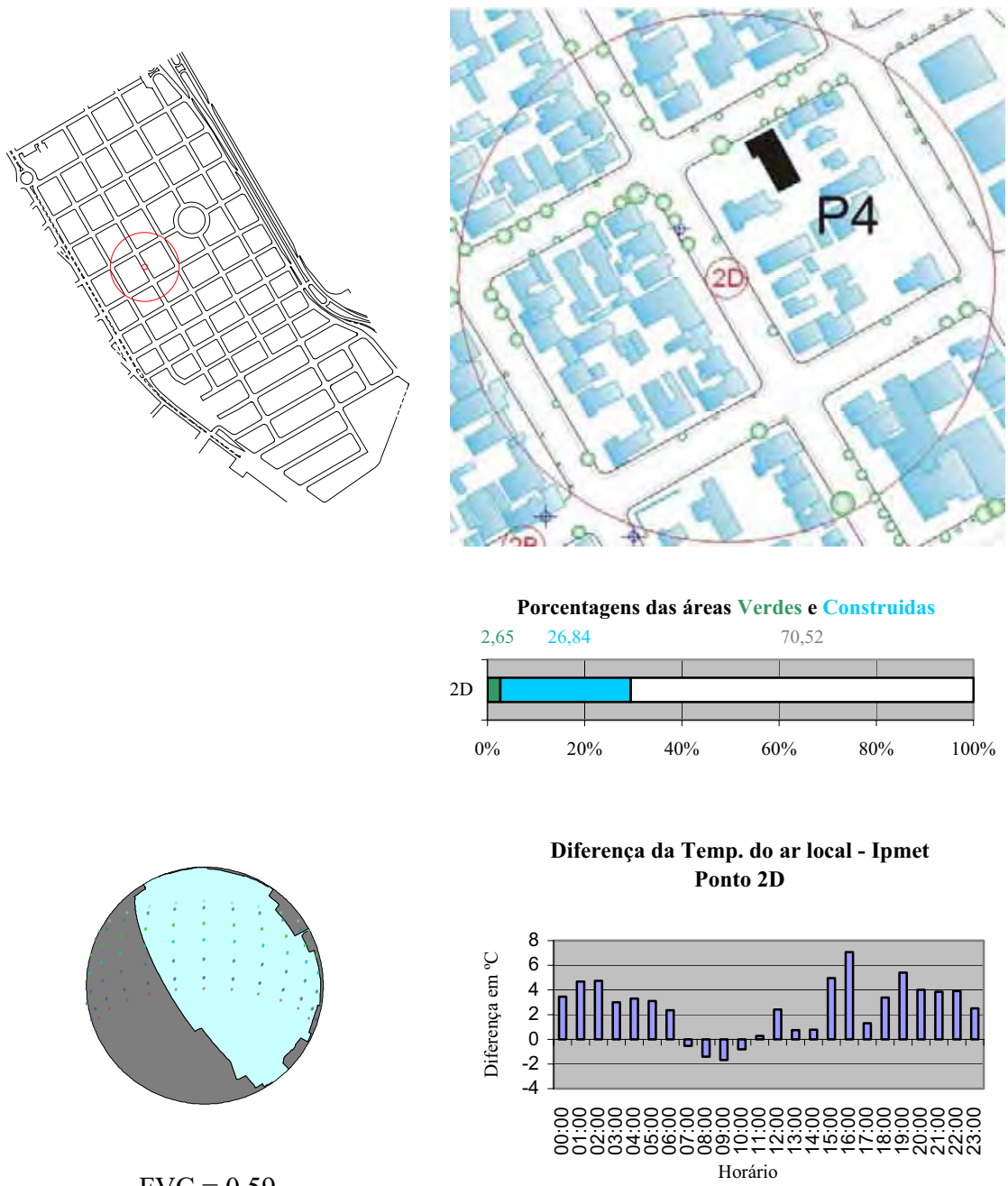
Figura 39: Corredor lateral de P3



Figura 40: Fundos de P3



Figura 41: Outro corredor de P3



FVC = 0,59

Figura 42: Dados do Entorno de P4 - Ponto de Medição do Projeto CEU

Fonte: Adaptado de NAKATA (2006)

Dados de P4 – Consumo Médio 250 Kw/h

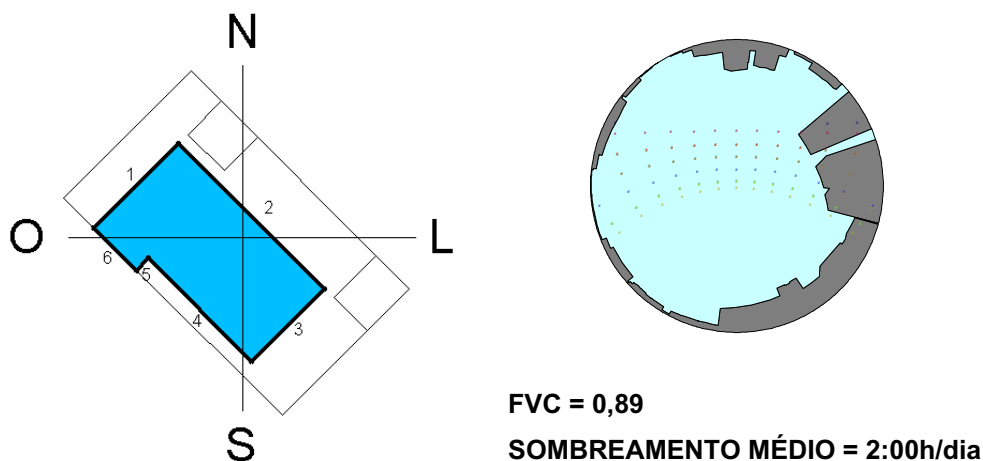


Figura 43: Croqui de implantação e FVC de P4

Tabela 5: Faces de P4 em m²

	FACE	PAREDE m ²	CAIXILHO m ²	VÃO m ²	TOT.FACE m ²	TOT. RELEVANTE m ²
NE	2	64,00	8,00	0,00	72,00	
TOTAL NE		64,00	8,00	0,00	72,00	72,00
NO	1	28,80	1,20	12,00	42,00	
TOTAL NO		28,80	1,20	12,00	42,00	42,00
SO	6	21,00	0,00	0,00	21,00	
SO	4	49,00	2,00	0,00	51,00	
TOTAL SO		70,00	2,00	0,00	72,00	51,00
SE	5	4,00	2,00	0,00	6,00	
SE	3	30,00	6,00	0,00	36,00	
TOTAL SE		34,00	8,00	0,00	42,00	36,00
			TOTAL DAS FACES		228,00	
ÁREA	302,00 m²		TOTAL RELEVANTE			201,00

Fotos de P4



Figura 44: Fachada de P4



Figura 45: Fundos de P4



Figura 46: Corredor lateral de P4

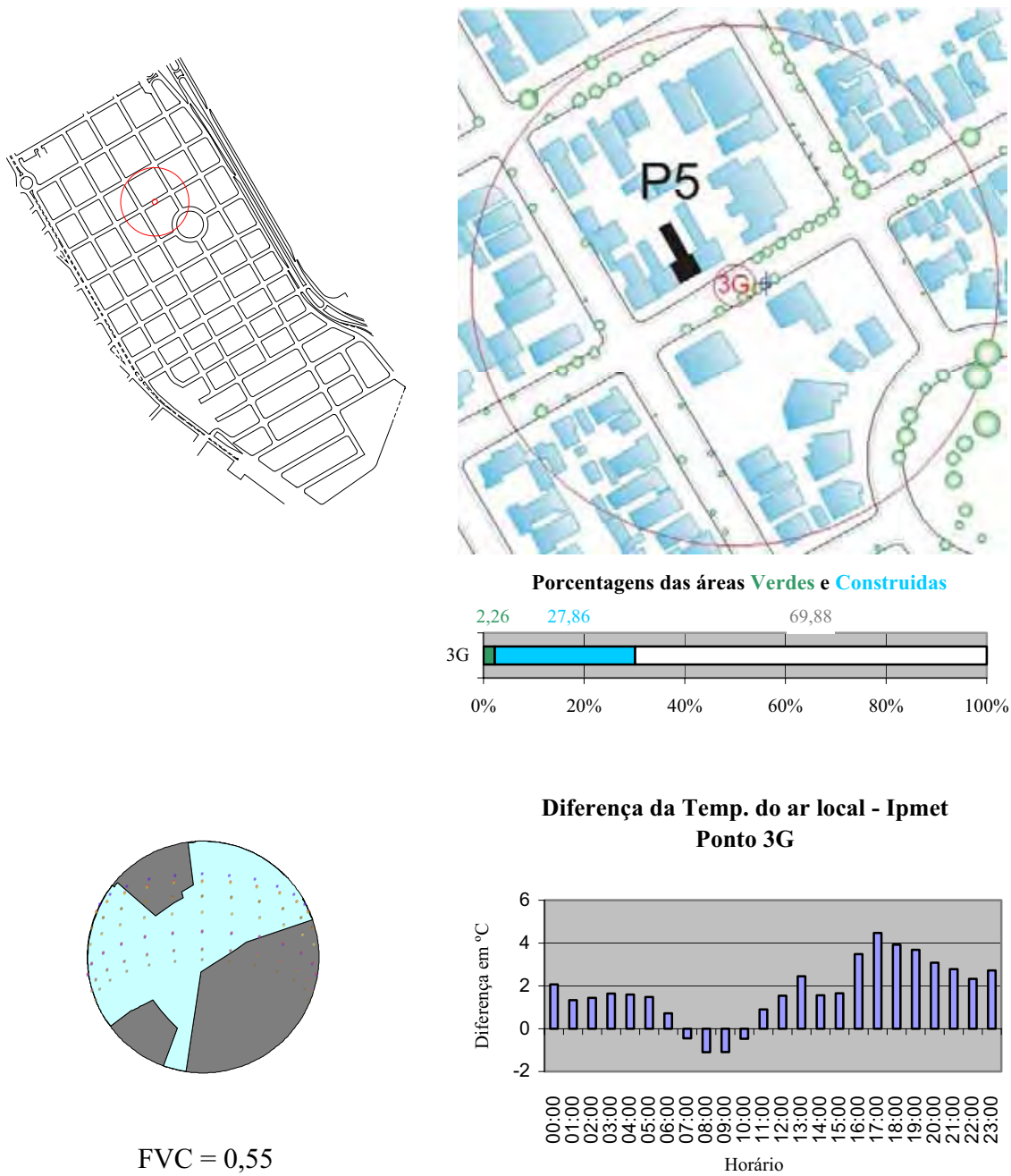


Figura 47: Dados do Entorno de P5 - Ponto de Medição do Projeto CEU

Fonte: Adaptado de NAKATA (2006).

Dados de P5 – Consumo Médio 330 Kw/h

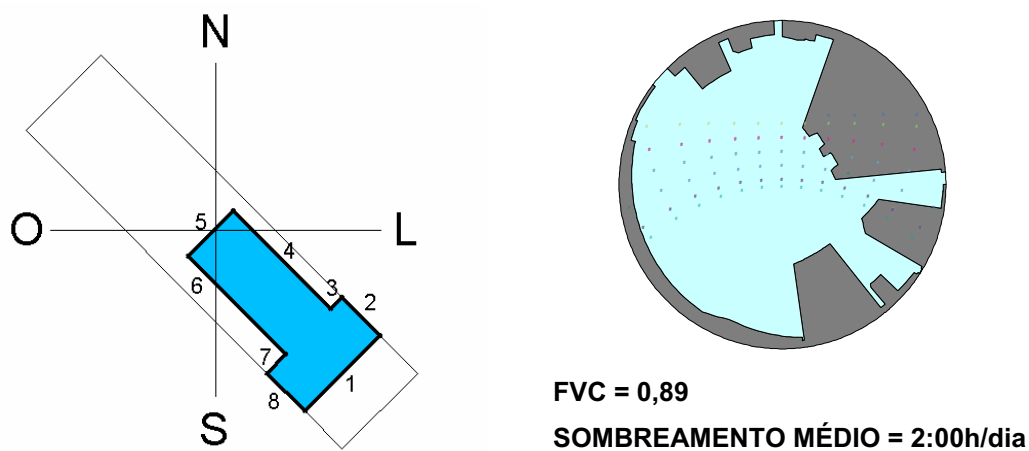


Figura 48: Croqui de implantação e FVC de P5

Tabela 6: Faces de P5 em m²

ORIENT.	FACE	PAREDE m ²	CAIXILHO m ²	VÃO m ²	TOT.FACE m ²	TOT. RELEVANTE m ²
NE	2	24,00	0,00	0,00	24,00	
NE	4	33,80	5,20	0,00	39,00	
TOTAL NE		57,80	5,20	0,00	63,00	39,00
NO	3	2,10	2,40	0,00	4,50	
NO	5	12,00	0,00	0,00	12,00	
NO	7	1,00	11,00	0,00	12,00	
TOTAL NO		15,10	13,40	0,00	28,50	28,50
SO	6	37,00	2,00	0,00	39,00	
SO	8	24,00	0,00	0,00	24,00	
TOTAL SO		61,00	2,00	0,00	63,00	39,00
SE	1	0,00	0,00	30,00	30,00	
TOTAL SE		0,00	0,00	30,00	30,00	30,00
			TOTAL DAS FACES		184,50	
ÁREA	102,00 m²		TOTAL RELEVANTE			136,50

Fotos de P5



Figura 49: Fachada de P5



Figura 50: Corredor lateral de P5



Figura 51: Fundos de P5



Figura 52: Outra lateral de P5

7.1 Análise sobre o Loteamento

Devido ao loteamento regular com quadras e arruamento regulares e paralelos, aliado ao padrão dos terrenos retangulares e compridos no sentido da frente da rua para o fundo, é possível observar também uma ocupação homogênea das edificações. Essas normalmente apresentam uma configuração também retangular no sentido do terreno. Havendo alguns apêndices e prolongamentos até a divisa em alguns deles.

Esse padrão de ocupação determina, por consequência, um outro padrão, que se torna relevante nesse estudo. Para as duas orientações principais de ocupação, é possível observar que as faces expostas à insolação e ventilação, seguem também um caráter homogêneo: faces paralelas a rua voltadas para frente, normalmente são equivalentes as faces paralelas a rua voltadas para o fundo, e as faces perpendiculares a rua de um lado e do outro, também, salvo somente quando uma das faces esta encostada nas divisas e também encostadas em outras construções.

Quando o terreno está situado no sentido “norte-sul”, sua maior área de paredes encontra-se nessa mesma orientação, e na grande maioria das vezes 50% voltadas para o Leste (sol da manhã) e 50% voltadas para o Oeste (sol da tarde). Já quando o terreno encontra-se situado na orientação “Leste-Oeste”, a maior proporção de paredes esta voltada para Norte e Sul com as mesmas características das anteriores. As exceções ocorrem quando parte da casa encontra-se na divisa do terreno e está encostada noutra parede vizinha. Nesses casos a área de parede não sofre nenhuma influência da insolação ou da ventilação.

Partindo dessa observação, é possível afirmar que a orientação dos lotes no sentido “Leste-Oeste”, seguindo o padrão de ocupação acima citado; faz com que essa residência receba uma menor carga de insolação que as demais. Porém, quando o entorno gera alguma interferência nessa quantidade de insolação recebida, mesmo que por meio de reflexão de outras construções, a orientação do lote e da ocupação do mesmo torna-se menos importante que a observação dessas interferências.

7.2 Análise sobre as Faces

Para cada tipo de face de uma residência, é possível destacar uma propriedade diferente em relação à absorção e reflexão da luz solar e sua correspondente relação provocada dentro de um contexto de desempenho energético.

Uma parede de alvenaria comum (tijolos furados, reboco e pintura), pode variar no tocante a desempenho térmico em dois fatores principais: espessura e cor da pintura. Normalmente esse tipo de parede é encontrado em duas espessuras diferentes: “Meio tijolo” (15 cm) e “Um tijolo” (25 cm). Uma parede mais espessa tem um melhor desempenho térmico que uma menos espessa. Quanto às cores esse desempenho é amplamente variável de acordo com as tonalidades e as texturas utilizadas nos revestimentos dessas paredes. Normalmente, uma cor mais escura absorve mais calor que uma cor mais clara, enquanto outros materiais apresentam diferentes características de absorção da radiação solar (conforme tabela 1).

As unidades em questão nessa análise seguem um padrão de construção homogêneo, onde predominam as paredes de “meio tijolo”, enquanto as de “um tijolo” só ocorrem quando encostadas nas divisas dos terrenos. Quando essas paredes encostadas nas divisas também estão encostadas em outras paredes vizinhas, elas são impedidas de receber insolação. Quanto às cores, existe um padrão dentre as unidades dessa pesquisa pelas tonalidades claras e lisas. Isso permite considerar um padrão homogêneo de absorção da insolação e não faz desse item (cor), um fator que interfira nas possíveis diferenças nos consumos de energia das unidades.

Todas as unidades também apresentaram um mesmo padrão de caixilho.

Os vãos que também aparecem mensurados nas tabelas de totalização das faces sofrem uma influência distinta na insolação das unidades. Normalmente essas faces contribuem muito para a ventilação das unidades e não para um ganho térmico que possa interferir no aumento do consumo de energia da unidade.

8 ANÁLISES E RESULTADOS

Identificada, as características das residências selecionadas, foram gerados gráficos que permitem a visualização e interpretação dos resultados. Todos os gráficos foram desenvolvidos tendo como objetivo estudar as diversas condicionantes do desenho do edifício.

8.1 Análise das diversas variáveis através de gráficos

Uma análise do consumo por residência estudada é apresentada no figura 53. Nele a edificação 5 apresenta-se como a residência mais consumidora e a edificação 2 a menos consumidora.

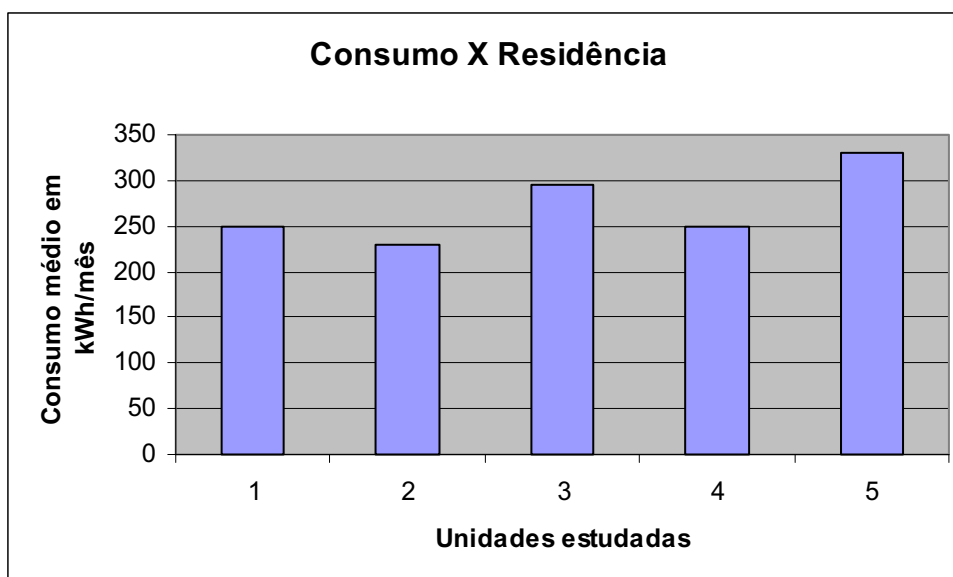


Figura 53: Consumo médio mensal por residência estudada

A figura 54 indica a área construída de cada uma das residências. Observa-se que a residência 4 apresenta a maior área construída, enquanto a residência 5 equivale à de menor área construída.

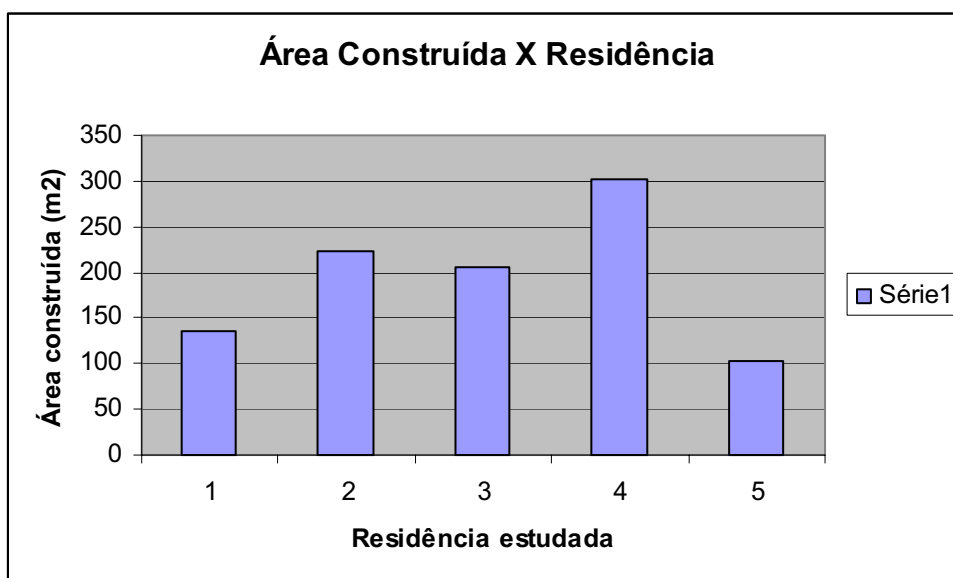


Figura 54: Área construída por residência estudada

Cruzando-se essas informações anteriores, obtêm-se o consumo por área construída das edificações, conforme apresentado no quadro abaixo (Figura 55).

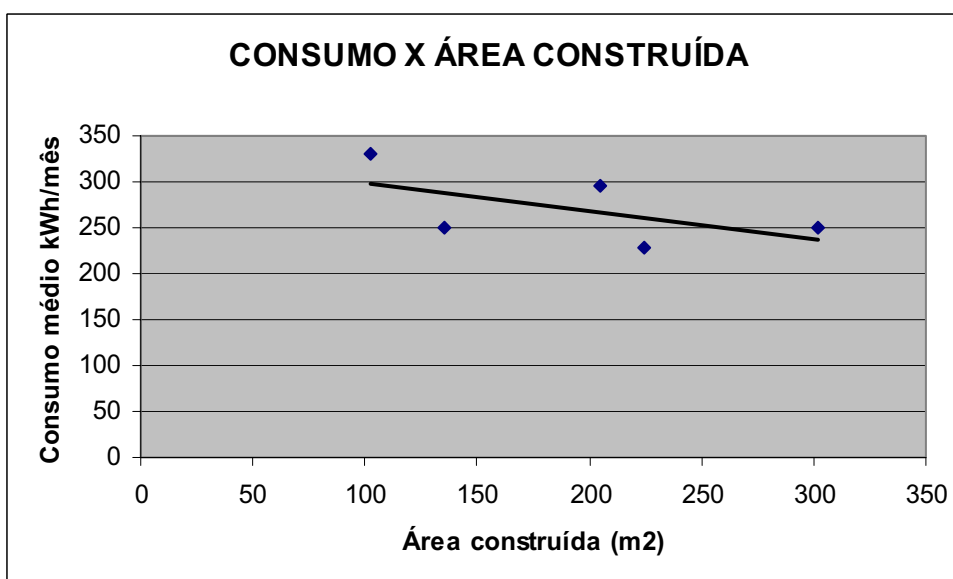


Figura 55: Consumo por área construída das residências estudadas

Verificou-se uma tendência, ainda que visualmente, de haver uma redução no consumo de energia elétrica com o aumento da área construída. Essa informação sozinha, no entanto, não é suficiente para estabelecer as determinantes do consumo de energia elétrica em uma edificação, pois existem vários outros fatores que agem simultaneamente.

Buscando-se, portanto, mais informações que identifiquem as influências do desenho no consumo, foram estudados os valores do FVC das edificações estudadas. Os resultados são apresentados na Figura 56.

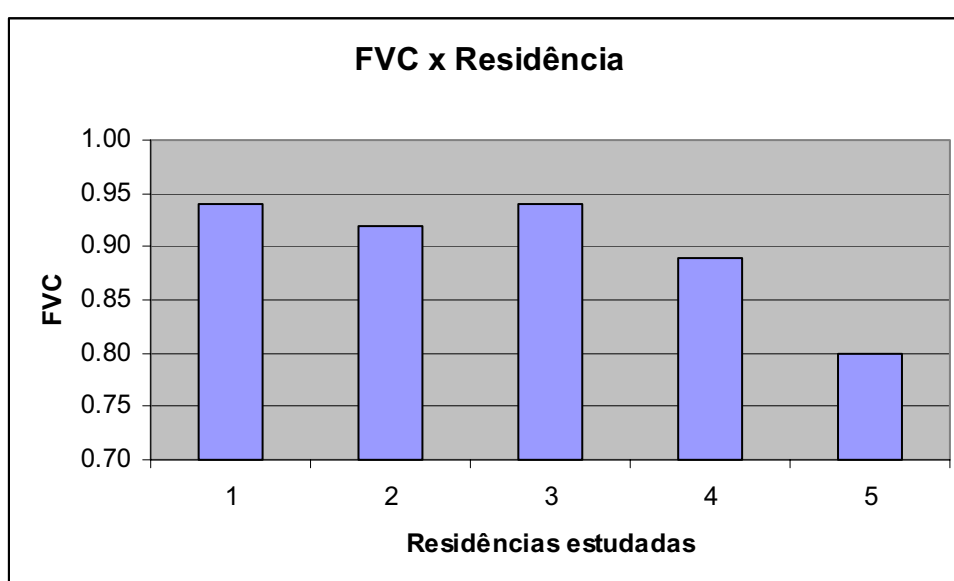


Figura 56: Fator de visão de céu por residências estudadas

Nela observa-se que a residência de menor FVC é a residência 5, enquanto as residências de número 1 e 3 são as de maiores valores de FVC.

Comparando-se as informações anteriores, verifica-se que a casa 5, é ao mesmo tempo a de maior consumo, menor área construída e menor FVC.

Considerando-se a influência do FVC no consumo de energia elétrica das edificações, foi gerado o gráfico da Figura 57.

Nele foi considerado a média anual do consumo de energia elétrica mensal em kWh de cada residência estudada.

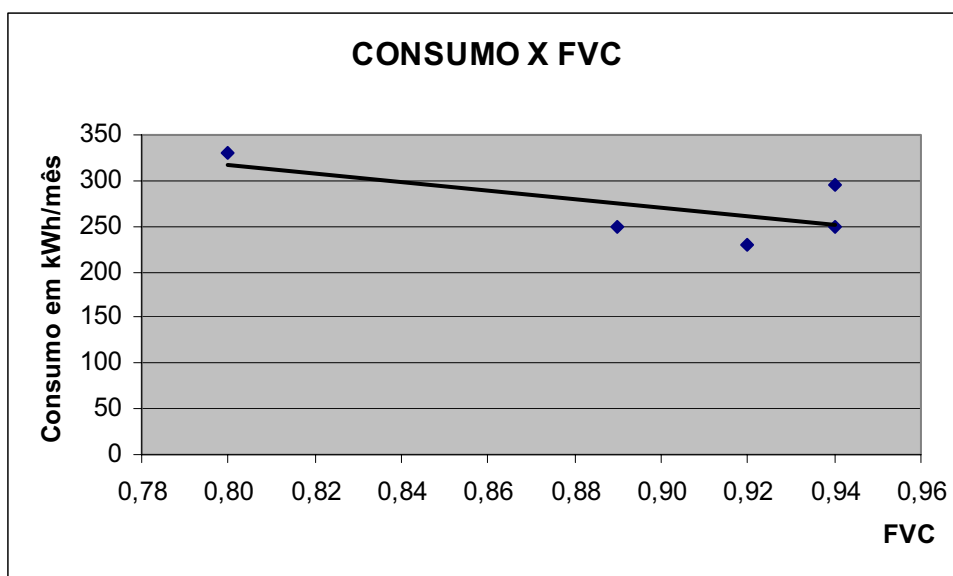


Figura 57: Consumo de Energia Elétrica em função do FVC das 5 unidades estudadas

É possível estabelecer uma pequena tendência, entre essas 5 unidades estudadas, em haver redução do consumo de energia com o aumento do FVC.

Como o aumento do FVC indica maior disponibilidade de luz natural, isso pode estar revelando uma diminuição no uso da iluminação artificial e conseqüentemente revelando o menor consumo.

No entanto, o consumo de energia elétrica é também uma conseqüência das condições térmicas e não só das condições lumínicas. Assim, para ser verificada a importância das condições térmicas sobre o consumo, foi elaborado o gráfico da Figura 58, comparando-se o tempo de sombreamento das edificações com o consumo.

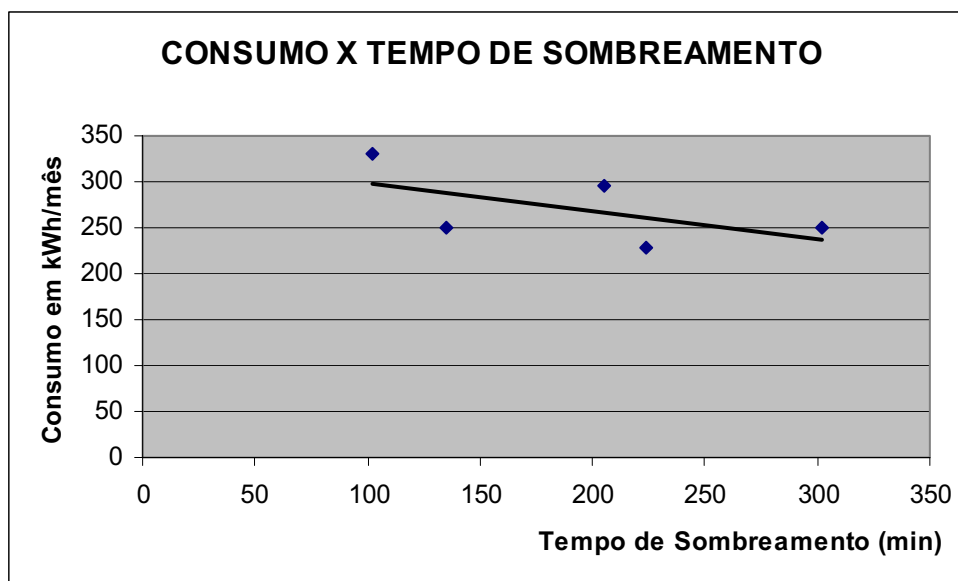


Figura 58: Consumo de energia elétrica em função do tempo de sombreamento

Foi verificado que o aumento no tempo de sombreamento tende a representar a diminuição no consumo de energia elétrica.

Isso indica que, assim como a disponibilidade de luz representa menor consumo por iluminação artificial, o tempo de insolação representa aumento no consumo de energia para condicionamento do ambiente.

Identificar, no entanto, qual das condicionantes ambientais é mais importante para o consumo de energia elétrica, é uma tarefa bastante complexa, devido ao número de variáveis envolvidas.

Numa tentativa de buscar maior esclarecimento sobre estas influências, foram consideradas as áreas de fachadas relevantes, ou seja, aquelas fachadas que, ou sofrem radiação solar direta, ou recebem por reflexão a radiação solar, e foram excluídas nessa análise as paredes que se encontram encostadas em muros ou na edificação vizinha. O resultado é apresentado na figura 59.

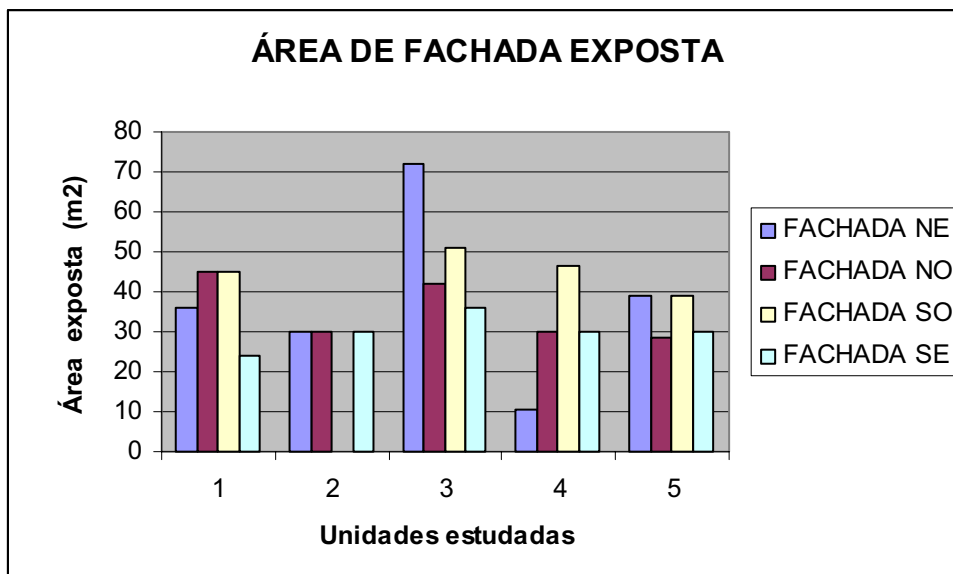


Figura 59: Área de fachada exposta e suas respectivas unidades residenciais

Verifica-se que a casa 3 é a que mais apresenta áreas relevantes, expostas à influência da insolação.

Comparou-se ainda o consumo de cada residência por área relevante de cada orientação de fachada, com o objetivo de se obter a colaboração de cada fachada no consumo. Os resultados são apresentados nas figuras 60, 61, 62 e 63.

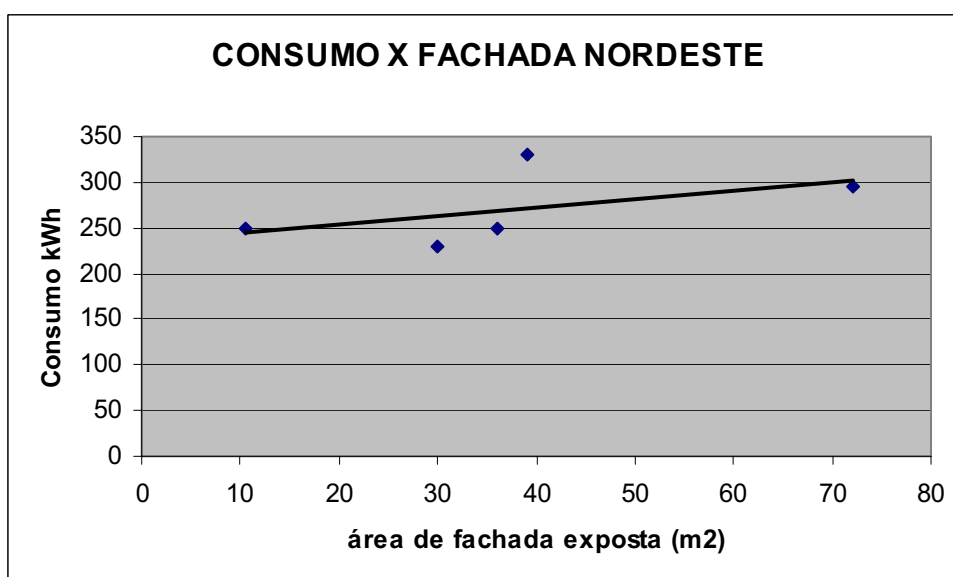


Figura 60: Consumo por área exposta nas Fachadas Nordeste

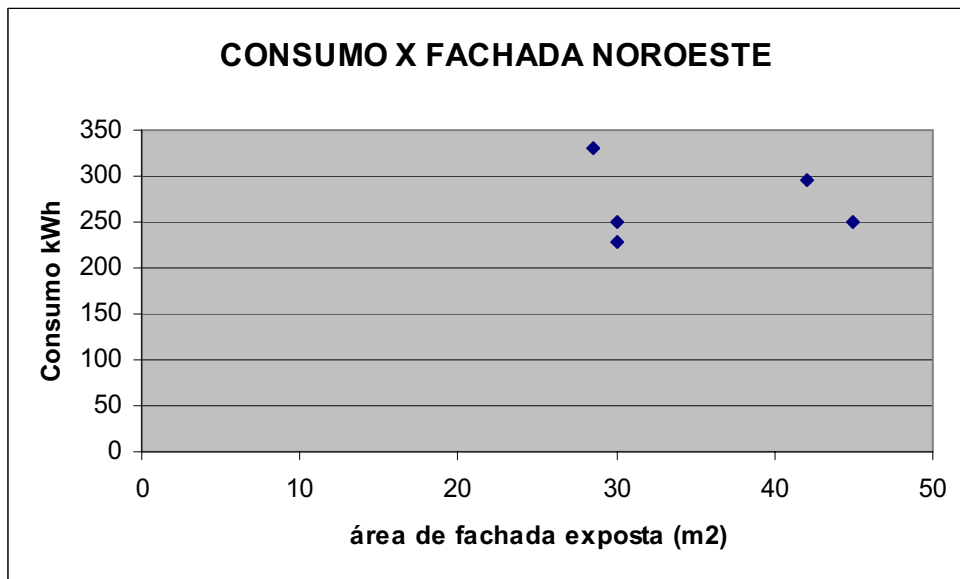


Figura 61: Consumo por área exposta nas Fachadas Noroeste

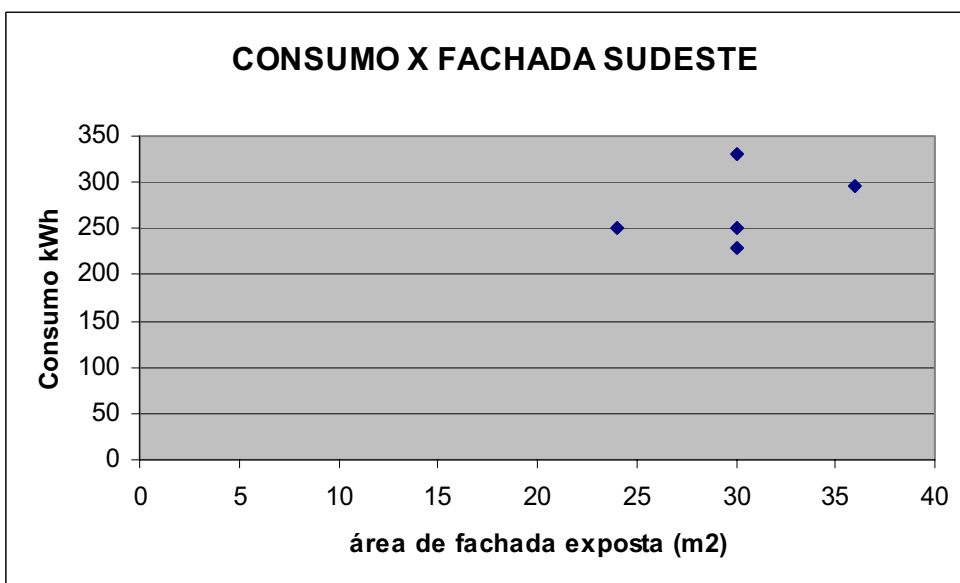


Figura 62: Consumo por área exposta nas Fachadas Sudeste

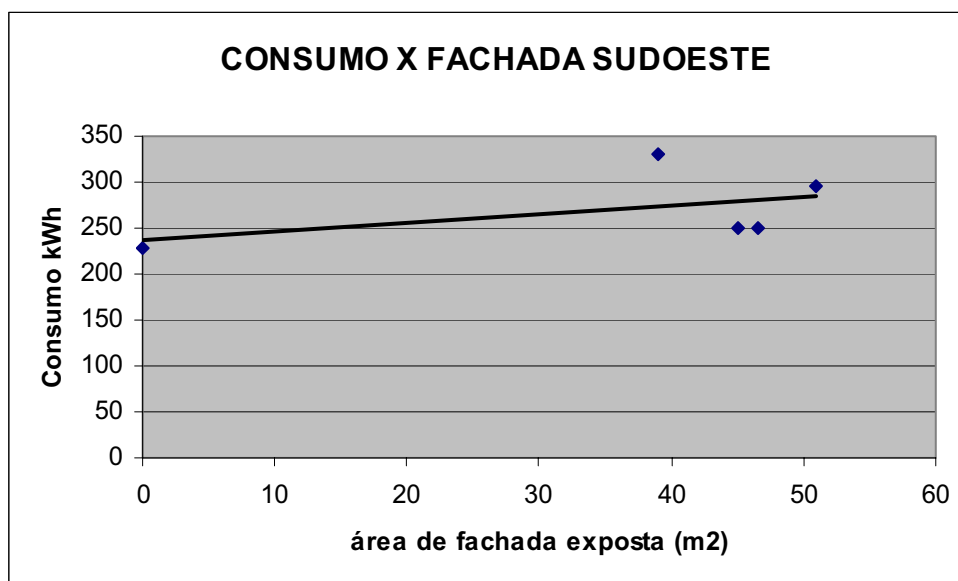


Figura 63: Consumo por área exposta nas Fachadas Sudoeste

Os gráficos, apesar de não apresentarem clara tendência pelo pequeno número de residências em questão, podem estar indicando que a maior exposição da fachada nordeste contribui para o aumento do consumo, assim como ocorre com a fachada sudeste e sudoeste. No entanto, não fica clara a contribuição da fachada noroeste.

Assim sendo, propõe-se uma análise da importância das variáveis através do desenvolvimento de modelo de redes neurais artificiais.

8.2 Análise da importância das variáveis por modelos de RNA

A análise da importância das variáveis através das RNA foi realizada com a aplicação do software Easy NN, possibilitada através do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos-EESC-USP.

Diferentemente do objetivo para o qual esse tipo de modelo é desenvolvido, aqui o intuito é apenas o de identificar a importância das variáveis, sem a preocupação de haver uma avaliação do desempenho do modelo em si.

Usualmente a modelagem em RNA é feita em três fases: o treinamento, a validação e o teste. O treinamento e validação são as etapas na qual o software efetua a aprendizagem, determinando os pesos das variáveis, num processo iterativo. Já a fase de teste é feita depois do modelo desenvolvido, através do qual é elaborada uma simulação para se verificar as diferenças entre os valores reais e os simulados.

No caso dessa análise aqui proposta apenas a primeira fase é pertinente, já que as previsões passíveis de serem efetuadas pelo modelo em si não faz parte dessa pesquisa.

A proposta aqui é desenvolver vários modelos de previsão, verificando-se as tendências encontradas na ordem de importância das variáveis. Assim é possível identificar os diferentes pesos relativos das variáveis para o consumo de energia elétrica.

Para isso foram montados 5 conjuntos de dados de consumo de energia elétrica durante 1 ano para todas as 5 unidades residenciais em estudo. Esses conjuntos se diferenciaram apenas pela ordem dos valores que foram designados para treinamento e para validação.

Adotou-se que o erro de validação a ser atingido deveria ser cerca de 10% do valor real. Assumiu-se que esse erro não é significativo para a escala de consumo que se está trabalhando.

Durante a simulação foi permitido o desenvolvimento de camadas escondidas internas ao modelo para a melhoria da rede e diminuição dos erros de validação.

Tendo como variável de saída o consumo de energia elétrica real de cada mês das 5 casas em questão, as variáveis consideradas para a modelagem foram: área construída, FVC, sombreamento, área de exposição das fachadas NE, área de exposição das fachadas NO, área de exposição das fachadas SO e área de exposição das fachadas SE.

Os resultados encontrados para estes 5 conjuntos de dados são descritos na tabela 7. Nela os valores das importâncias são tomados em porcentagem de colaboração da variável no consumo real de energia elétrica.

Tabela 7 – Importância relativa das variáveis no valor do consumo de energia elétrica conforme o modelo desenvolvido em RNA

Modelo	Variáveis						
	FVC	Sombra	Área Construída	NE	NO	SE	SO
1	14%	20%	6%	13%	23%	7%	17%
2	15%	19%	9%	14%	24%	6%	13%
3	14%	19%	6%	14%	26%	8%	13%
4	13%	19%	5%	15%	22%	11%	15%
5	13%	20%	6%	14%	25%	9%	13%

Os resultados da referida tabela indicam que, apesar de pequena oscilação na ordem e grau de importância das variáveis entre os modelos, algumas tendências se configuram claramente, com mais facilidade do que até então estavam se apresentando na análise por gráficos. Verificou-se que:

- A variável mais importante se revelou a área de exposição da fachada NO, com variação de 23 a 26% de importância;
- O sombreamento assumiu um valor de 19 a 20%, mostrando-se como segundo agente contribuinte no consumo;
- O FVC, a área de fachada SO e a área de fachada NE assumiram importâncias similares, podendo variar de 13 a 17%;
- A área construída e a área de fachada SE obtiveram menor grau de importância, com tendência à área da fachada SE exercer mais influência do que a área construída da edificação.

Portanto, um dos fatores mais importantes para o desenho de edificações é a área de exposição da fachada NO, sendo essa uma das principais informações extraídas dessa pesquisa.

Acredita-se que a ampliação de dados para uma modelagem mais detalhada é necessária em pesquisas futuras, para que se possa identificar precisamente o

valor ideal da área dessa fachada para que o consumo de energia seja minimizado. Com os dados aqui estudados essa verificação ainda não é possível, uma vez que o número de casos estudados é de apenas 5 residências.

Dessa forma as RNA apresentaram-se como uma excelente ferramenta na determinação da importância de variáveis no consumo de energia elétrica.

9 CONCLUSÃO

Quanto à proposta da pesquisa em si, ressalta-se que as Redes Neurais Artificiais configuraram-se como uma técnica bastante eficiente para o tipo de análise aqui realizado.

Através do desenvolvimento de modelos RNA foi possível extrair as informações quanto à importância das variáveis e identificar o grau de interferência que assume o desenho do edifício para o consumo de energia elétrica.

A análise dos resultados permite determinar alguns fatores principais de influência para o consumo de energia elétrica das edificações estudadas: A fachada Noroeste, o tempo de sombreamento e o fator de visão do céu.

Para a fachada Nordeste é possível deduzir que sua grande importância deve-se ao ganho térmico que ela propicia para a unidade, em se tratando de uma face voltada para o sol da tarde. Isso indica que um aumento nessa face provocaria um aumento no consumo de energia dessa unidade.

Já o Fator de Visão de Céu (FVC), está diretamente ligado ao sombreamento da unidade, e sua relação com o consumo de energia elétrica pode ser observada por dois ângulos diferentes. Um, quando o sombreamento proporcionado por esse entorno diminui consideravelmente a luz natural na unidade, forçando a utilização de iluminação artificial. Outro, quando esse mesmo sombreamento diminui a carga térmica absorvida pela unidade, amenizando seu ganho de calor.

Desse modo é possível afirmar que uma grande parcela de influência para o consumo de energia de uma unidade, deve-se a seu entorno. Em alguns casos, podendo ser mais relevante para o consumo de energia do que a orientação da unidade no lote.

Confirmou-se, portanto, a hipótese de que, apesar da inegável interferência do comportamento do usuário sobre o consumo do edifício, existe uma relação direta entre a forma de implantação desta edificação e o seu padrão de consumo de energia elétrica de edificações residenciais.

Tanto a interferência da fachada NO, quanto as interferências do FVC, exercem ao mesmo tempo influências no consumo de energia elétrica de uma unidade. Porém, o quanto isso representa para o aumento ou a diminuição do

consumo de energia de uma unidade, bem como a relação que uma exerce na outra, não pôde ser determinada nessa pesquisa devido ao baixo número de unidades pesquisadas e os poucos dados fornecidos por essas unidades.

Um novo estudo pode partir desse ponto, para pesquisar um maior número de unidades no intuito de obter uma maior precisão dos dados encontrados e apurá-los, determinando assim uma possível relação entre as influências levantadas e como exatamente elas interferem para o consumo de energia de uma unidade residencial autônoma.

Daqui é possível determinar algumas diretrizes de projeto que devem ser observadas na implantação de uma unidade num lote urbano com as características abordadas. Primeiro, uma cuidadosa observação do entorno e suas possíveis interferências, sombreamentos, reflexões de radiação do sol etc. Depois, um cuidado maior com as elevações voltadas para NO. Para que essas possam ser protegidas e não tenham um grande ganho térmico para a unidade.

Outro aspecto a ser destacado é a questão do FVC. O estudo do FVC não é usual nesse tipo de abordagem e muitas vezes esse é um fator desconhecido dos profissionais ligados à área de construção civil. No entanto, a sua importância para a minimização do consumo de energia nas edificações revela-o como ferramenta essencial para se atingir padrões de consumo adequados.

BIBLIOGRAFIA

ABNT-15220 de 2005

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“Desempenho térmico de edificações”**. 2005. ABNT-15220

A CRISE ENERGÉTICA. Disponível em:

:<<http://www.oglobo.globo.com/jornal/especiais/energia/H0291984.asp>>. Acesso em: 15 fev.2006.

A EXTENSÃO 3DSKYVIEW. Disponível em:

<<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2284>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

A PRODUÇÃO DE ENERGIA LIMPA. Disponível em :

<<http://www.ambientebrasil.com.br>> Acesso em: 15 fev. 2006.

ALMEIDA, Eveline Maria de Athayde. **A configuração urbana e sua relação com os microclimas**: estudo de frações urbanas na cidade de Maceió. Tese (mestrado). Maceió: Universidade Federal de Alagoas. 2006. 128 p.

ALMEIDA, Manuela Guedes de Almeida; BRAGANÇA, Luís, MENDES, J.F.G ; SILVA, Sandra. **Layout Urbano em Função da Eficiência Energética dos Edifícios**. In: PLANEJAMENTO INTEGRADO: EM BUSCA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA CIDADES DE PEQUENO E MÉDIO PORTES, 2004, Azurém. Workshop... Azurém: CGRICES – CAPES, 2004. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, Manuela Guedes de Almeida et. al. A methodology to select cost effective and thermal efficient constructive solution. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 18. 2001. Proceedings... Florianopolis, 2001. p81-86.

ARMELIN, H. S.; CHERRY, N. “Avaliação do uso e desempenho de barreiras de radiação térmica na construção civil”. **E-mat – Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil**. São Paulo. Vol. 1, n. 1, p. 79-82, Maio 2004.

BAHIA S. R.; GUEDES P. A.; THOMÉ M. R. V.; LA ROVERE, A. L. N. **Modelo para Elaboração de Código de Obras e Edificações**. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1997. p. 55-63.

BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares - Diretrizes para Arquitetos**. Maceió: Edufal, 1988.

BRANDÃO, R. S.; ALUCCI, M. P. Procedimento para a Avaliação do Impacto de Novas Edificações no Consumo Energético do Entorno. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 8, Maceió: Outubro 2005, ANTAC, 2005.CD

BROWN, G. Z. **Sun, Wind, and Light** – Architectural Design Strategies. New York: John Wiley & Sons, 1985. p. 67-74.

CAMPOS, R. F.; SCHEER, S. Análise Comparativa das Orientações Norte e Sul na Ocupação do Setor Estrutural de Curitiba. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 8, Maceió: ANTAC, outubro 2005. CD

CARMONA, L.S. Human confort in the urban tropics. In: **THE TECHNICAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATOLOGY AND ITS APPLICATIONS WITH SPECIAL REGARD TO TROPICAL AREAS**. México, *Proceedings*. Geneva, World Meteorological Organization. 1984. p. 354-404. (WMO – 652)

CHANDLER, T. J., **Urban climatology and its relevance to urban design**. Geneva, World Meteorological Organization. 1976. (WMO – 438 Technical Note; 149)

Colaboração relatório final CORREA, estudante bolsista pelo PIBIC, Projeto CEU, 2005.

CONSUMO em alta. **Jornal Correio Brasiliense**, Brasília, 03 fev. 2006. Disponível em: <<http://www.abraceel.com.br/noticia.asp?id=2336>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

CONSUMO ENERGÉTICO NO PAÍS.

Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> . Acesso em: 15 fev. 2006.

COSTA, A.; RODRIGUES, G.; LABAKI, L. C. Tipos de Revestimento do Solo e sua Influência no Microclima: Estudo de Caso para a Unicamp-SP. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 8, Maceió: ANTAC, Outubro 2005. 522p. CD

DUARTE, Denise Helena Silva; SERRA, Geraldo Gomes. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr-jun 2003.

FARIA, J.R.G. **Caracterização do campo térmico intra-urbano a partir de áreas homogêneas**, Relatório CAPES, 2003.

FONSECA, E. B. Avaliação pós-ocupação (APO) na Praça Portugal, com ênfase em aspectos comportamentais e de conforto térmico (bolsa PIBIC/Reitoria UNESP-FAAC).

FONTES, M. S. G. C. ; GASPARINI Jr., R. A. Influência do Microclima no Uso de Espaços Públicos: Parque Vitória Régia, Bauru, SP. In: **VII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 7, Curitiba: COTEDI, Novembro 2003. 633p. CD

FROTA, A. B. & SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GASPARINI JÚNIOR, Roberto Antônio; HAYASHI, Eiji; YAGI, Benjamim Shiro; SOUZA, Lea Cristina Lucas de; FONTES, Maria Solange Gurgel de Castro. Influência termo-acústica no uso de espaços públicos: O caso do Parque Vitória Régia, Bauru, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Clacs'04/ENTAC'02**. São Paulo: ANTAC, 2004.

GASPARINI, R. A. Influência das características microclimáticas nos usos de espaços públicos em Bauru: o caso do Parque das Nações e anfiteatro Vitória Régia. (blosa PIBIC/CNPq UNESP-FAAC).

GIVONI, B. **Climate Considerations in Buildings and Urban Design**. New York: Jon Wiley & Sons, 1998.

GIVONI, B. **Urban design in different climates**. Los Angeles: World Meteorological Organization, 1989 .p. 2-10. (WMO/ TD – No. 346, WCAP-10)

GIVONI, Baruch. **Climate considerations in buildings and urban design**. Canadá: Ed. John Wiley & Sons, INC. 1998. 464 p.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador In: MONTERIO, C. A. F. & MENDONÇA, F.(Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate**. London: Academi Press, 1981. 17p

LANDSBERG, H.E. (1974). Micrometeorological temperature differentiation through urbanization. In: **SYMPOSIUM ON URBAN CLIMATES AND BUILDING CLIMATOLOGY**. Brussels, Proceedings. Geneva, 1968. WMO, p. 129-136. (WMO nº 254 – TP. 141)

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, Fernando O R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, 2ª ed. São Paulo: PW editores, 2004. v. 1. 188p.

LOIS, E. ; LABAKI, L. C. Conforto Térmico em Espaços Externos: Uma Revisão. In: **VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 6, São Pedro, Novembro 2001, ANTAC, 2001.CD

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles** – O Exemplo de São Paulo, São Paulo: Hucitec, 1985. cap. 1- 4.

LOMBARDO, M. A. **The distinction between canopy and boundary- layer urban heat islands**, Atmosphere, 1976. v.14, n.4, p. 268-277.

MASCARÓ, L. R. **Energia na Edificação** – Estratégia para minimizar o Consumo, São Paulo: Projeto, 1991.

MASCARÓ, Lucia Raffo de. **Ambiência Urbana**. 1. ed., Porto Alegre: Ed Sagra Luzzato. 1996. 199p.

MASCARÓ, Lucia; MASCARÓ, Juan. **Vegetação Urbana**. 2. ed., Porto Alegre: Ed. Mais Quatro, 2005. 204 p.

MASCARÓ, J., MASCARÓ, L. R. de COMAS, C. E., “**Subsídios para a redação de códigos de obras**”, UFRGS, Porto Alegre. 1985

MASCARÓ, Juan Luís, MASCARÓ, Lúcia. **Incidência das variáveis projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios**. 2d. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto. 1992. p. 134

MELO, L.F. Influência das características microclimáticas nos usos de espaços públicos em Bauru: o caso da Praça da Paz (bolsa PIBIC/CNPq UNESP-FAAC).

MENDONÇA, F. Clima e Planejamento Urbano em Londrina In: MONTERIO, C. A. F. & MENDONÇA, F.(Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano** In: MONTERIO, C. A. F. & MENDONÇA, F.(Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. **Clima Urbano**. São Paulo: Ed. Contexto. 2003. 192 p.

OLGYAY, Victor. **Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**. New Jersey, Princeton University, 1968

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed., Ed. Routledge. 1987.

Boundary Layer Climates New York: Routledge, 2000. p. 288-291

OKE, T.R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island : comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v.1, n 1-4, p. 237-254.

PEREIRA, F. O. R. Envelope Solar: Um exercício Teórico ou uma Proposta Viável. In: III **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 3, Gramado, julho 1995: ANTAC, 1995.CD

PEREIRA, F. O. R.; SILVA, C. A. N. Proposta de Sistemática de Uso em Planejamento Urbano do Envelope Solar como Forma de Controle da Ocupação do Solo Urbano em Função da Insolação. In: **IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 4, Salvador, novembro 1997, Salvador, ANTAC, 1997. 375p.CD

RABAG, Ahmad A. Monem. Enhancing daylight utilization through façade design in high-rise buildings as an approach for saving energy architecture in hot climates zones. In: **PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE**, 20., 2003, Santiago. Proceedings... Santiago: Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. 1 CD-ROM.

RAMON, F. **Roupa, sudor y arquitectura**. Madri: Blume, 1980.

Relatórios parciais de PEDROTTI, F. S; LEME, F. T. (2003/ 2004), estudantes bolsistas pelo PIBIC, também do Projeto CEU.

ROBINETTE, Gary O. Plants, **People and enviromental quality**. Washington, D,C.: Ed U.S. Department of the Interior, National Park Service. 1972.

ROLNIK, Raquel, **“A cidade e a lei”**, Nobel, São Paulo, 1997

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Universidade de Brasília. 2001. 225 p.

ROSENLUND, H. **Climate Design of Builidings using Passive Techniques**. 2000. Buildings Issues, vol. 10, nº 1. endereço eletrôncio: www.nucam.com.br

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto Térmico** – Contribuição à Aplicação Prática das Normas Internacionais. São Paulo: Fundacentro, 2001. 67p.

SANTAMOURIS, M. Energy and environmental quality in the urban built environment. In: HEWITT, M. & HAGAN, S. (Org.) **City Fights** – Debates on Urban Sustainability. London: James & James, 2001. p.82.

SANTOS, Iara Gonçalves; LIMA, Henrique Gazzola; ASSIS, Eleonora Sad In: **A Influência Da Geometria Urbana e Da Inércia Térmica na Alteração do Clima Urbano**: Uma abordagem Preditiva. ENC

SCHILLER, Silvia de. **Building form, tranformation o the urban tissue and the evaluation of the sustainability**. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 18., 2001. Proceedings... Florianópolis, 2001. p453-461.

SILVA, A. N. R.; RAMOS, R. A. R.; SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. G. **SIG - Uma plataforma para a Introdução de Técnicas Emergentes no Planejamento Urbano, Regional e de Transportes**. São Carlos: Ed. dos Autores, 2004.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA. Disponível em:
<[http:// www.fatorgis.com.br/ geotec.asp?orig=A4](http://www.fatorgis.com.br/geotec.asp?orig=A4)>. Acesso em: 15 fev. 2006.

SOUZA, L. C. L. **Influência da Geometria Urbana na Temperatura do Ar ao Nível do Pedestre**. São Carlos: Tese (Doutorado) – Ciências de Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996.

SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S. ; MENDES, J. F. G. Expandindo Um SIG-3D para Aplicação em Conforto Ambiental em Nível Urbano. In: **VII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, Curitiba, Novembro 2003, Curitiba, COTEDI, 2003.CD

SOUZA, L.C.L. ; PIZARRO, Paula Roberta In: **Analisando a Influência da Orientação no Consumo de Energia em um Conjunto Habitacional**. ENCAC 2001 São Pedro, 2001.

SOUZA, Léa Cristina Lucas. **VERIFICAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO FATOR DE VISÃO DO CÉU COMO INDICADOR DA QUALIDADE TÉRMICA E ACÚSTICA URBANA**. Relatório Final de pesquisa, Linha de Auxílio a Pesquisa, FAPESP, 2006.

TAVARES, S., LAMBERTS, R., **CONSUMO DE ENERGIA PARA CONSTRUÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO BRASIL**. IN: ENCAC-ENLACAC 2005 - VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005.

TOLEDO, A. A contribuição da orientação e do sombreamento na composição das cargas e no consumo de energia elétrica de um edifício de escritórios climatizado. In: **ENCAC & COTEDI**. 2., 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2003. 1 CD-ROM.

VESPER. **Consumo de Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.escolavesper.com.br>. Acesso em 19 de Janeiro de 2006.

WATKINS, Richard. The impact of the urban environment on the energy demand for cooling buildings. 1999.

Westphal, F; Lamberts, R & Guisi, E. Proposta de retrofit para o sistema de iluminação artificial da UFSC. In: **IX Encontro Nacional De Tecnologia No Ambiente Construído**. Foz do Iguaçu, maio ,2002

XAVIER, A. A. P. & LAMBERTS, R. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Florianópolis: LabEEE – Laboratório de Eficiência energética em Edificações, Departamento de engenharia civil, Universidade federal de Santa Catarina: Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br>>, 2002. p. 2-13.

ZEILMANN, S. M. L.; CLARO, A.; PEREIRA F. O. R. O Estudo da Geometria da Insolação como Ferramenta de Projeto. In: **VII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 7, Curitiba, Novembro 2003, Curitiba, COTEDI, 2003.CD

ANEXO

Formulário de Pesquisa aplicada pelo projeto CEU

QUESTIONÁRIO DE PERFIL DO USUÁRIO

(Rua _____ Quadra _____ N° _____ andar _____)

1 Quantos são os moradores da casa? E quais as idades?

- () 1 pessoa Idade: _____ anos
 () 2 pessoas Idades: _____ e _____ anos
 () 3 pessoas Idades: _____, _____ e _____ anos
 () 4 pessoas Idades: _____, _____, _____ e _____ anos
 () 5 pessoas Idades: _____, _____, _____, _____ e _____ anos
 () +de 6 pessoas Idades: _____ anos.

2 Qual a faixa de renda familiar (em caso de república de estudantes, considerar apenas a soma dos valores percebidos pelos estudantes para a sua manutenção):

- () 1 a 10 salários mínimos (R\$260 a R\$2.600)
 () 10 a 20 salários mínimos (R\$2.600 a R\$5.200)
 () 20 a 40 salários mínimos (R\$5.200 a R\$10.400)
 () 40 a 60 salários mínimos (R\$10.400 a R\$15.600)
 () 60 a 80 salários mínimos (R\$15.600 a R\$20.800)
 () 80 a 100 salários mínimo (R\$20.800 a R\$26.000)
 () acima de 100 salários mínimos (acima de R\$26.000)

3 Quantos dormitórios existem na casa (ou apartamento)?

- () 1 dormitório
 () 2 dormitórios
 () 3 dormitórios
 () 4 dormitórios
 () acima de 5 dormitórios

4 Qual o gasto médio mensal com energia elétrica?

- () até 50KWh/mês () de 500 a 600 KWh/mês
 () de 50 a 100 KWh/mês () de 600 a 700 KWh/mês
 () de 100 a 200 KWh/mês () de 700 a 800 KWh/mês
 () de 200 a 300 KWh/mês () de 800 a 900 KWh/mês
 () de 300 a 400 KWh/mês () de 900 a 1000 KWh/mês
 () de 400 a 500 KWh/mês () acima de 1000 KWh/mês

5 Qual o mês ou época do ano que você considera que mais se gasta com energia elétrica em sua casa?

- () janeiro () julho
 () fevereiro () agosto
 () março () setembro
 () abril () outubro
 () maio () novembro
 () junho () dezembro () não faz diferença

6 Quantos chuveiros elétricos estão instalados em sua casa?

- () 0 1() 2 () 3 () 4 () mais de 4

7 Quantas geladeiras estão instaladas em sua casa?

- () 0 1() 2 () 3 () 4 () mais de 4

8 Quantos freezers estão instalados em sua casa?

- () 0 1() 2 () 3 () 4 () mais de 4

Quantos aparelhos de ar refrigerado estão instalados em sua casa?

- () 0 1() 2 () 3 () 4 () mais de 4

Quantos aquecedores elétricos estão instalados em sua casa?

- () 0 1() 2 () 3 () 4 () mais de 4