

CONFIGURAÇÃO URBANA, IMPLANTAÇÃO DO EDIFÍCIO E CONSUMO DE ENERGIA

Léa C. L. Souza (1); Alinne P. Oliveira (2); Márcio L. Yamaguti (3); Eraldo F. Rocha (4)

(1) Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Pasiagismo – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil – e-mail: leacrist@faac.unesp.br

(2) Aluno de Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil – e-mail: prado.alinne@gmail.com

(3) Aluno de Pós-Graduação em Desenho Industrial – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil – e-mail: marciroyamaguti@yahoo.com.br

(4) Aluno de Pós-Graduação em Desenho Industrial – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil – e-mail: arquiteto@eraldorocha.arq.br

RESUMO

Este artigo propõe o estudo do consumo de energia elétrica na edificação considerando: a análise do consumo geral de energia de uma fração urbana; a importância para o consumo de energia de variáveis construtivas em habitações térreas e em edifícios de vários pavimentos. A proposta inclui como parâmetro de configuração urbana e implantação, o fator de visão do céu (FVC). Na cidade de Bauru-SP, foram registradas temperaturas em vários pontos de um bairro residencial e em uma área rural, e aplicados questionários de identificação do perfil do usuário. Assim, mapas da fração urbana puderam ser desenvolvidos. Nessa mesma área, cinco edificações térreas e três edifícios de múltiplos pavimentos foram analisados com Redes Neurais Artificiais (RNA), determinando-se a importância de variáveis construtivas no consumo de energia. A verticalização, juntamente com a maior formação de ilhas de calor e o nível de renda dos moradores, causam aumento no consumo de energia elétrica. Para as edificações térreas, a área da fachada noroeste assume de 23 a 26% de importância sobre o padrão de consumo e para os edifícios residenciais de vários pavimentos, há melhoria de eficiência energética com o aumento da altura até o limite de 24m. O estudo utiliza o FVC como um elemento de interface entre a escala urbana e a do edifício, identificando ainda suas relações com o consumo de energia elétrica.

Palavras-chave: consumo de energia; fator de visão do céu, ilha de calor; redes neurais artificiais.

ABSTRACT

This paper proposes the study of electrical energy consumption in buildings emphasizing the following aspects: the analysis of the general energy consumption of an urban area; the importance of buildings variables in single and multi-story residential buildings for energy consumption. The proposal includes the sky view factor (SVF) as a parameter of the urban configuration and building location. In the city of Bauru-SP, temperatures were registered in several points of a residential urban area and in a rural area. A questionnaire was applied for the determination of users' profiles. Those data provided the inputs for the thematic maps built thereafter. In this same area, analyses of five one-story and three multi-story buildings were conducted with Artificial Neural Networks for determining the importance of building variables on energy consumption. Higher buildings, together with the urban heat islands development and higher users' income levels lead to higher electrical energy consumption. For one-story buildings, the area of northwest façades can reach an importance of 23 to 26% on the consumption patterns. For multi-story buildings, higher energy efficiency may occur for the highest story units up to a limit of 24 meters above the ground. The study uses the SVF as an interface element between the urban and building scales. It also tries to identify a relationship of the SVF with the electrical energy consumption of the buildings.

Keywords: energy consumption; sky view factor; urban heat island; artificial neural networks.

1 INTRODUÇÃO

A importância dos estudos sobre o consumo de energia é apontada em várias pesquisas e sob o prisma de diversas escalas. ASSIS (2002), BRANDÃO & ALUCCI (2005) e SOUZA et al (2005), por exemplo, estudaram o consumo de energia tendo em vista a preocupação com a escala da cidade. ALUCCI & BUORO (2005) abordaram o consumo de energia através da influência de fachadas de edifícios, enquanto CARRIÈRES & RORIZ (2005) investigaram edifícios de escritórios e PAPA, JOTA & ASSIS (2005) pesquisaram prédios públicos.

As edificações interferem na quantidade de radiação solar que atinge a estrutura urbana, podendo reduzir esse acesso em áreas mais adensadas. Por outro lado, as edificações com suas superfícies verticais funcionam como um espaço de armazenamento de calor, aumentando a temperatura do ar de seu entorno. Além disso, o pequeno espaçamento entre edificações pode representar menor possibilidade de renovação do ar intra-urbano. Esse processo, por muitas vezes, resulta em um aumento da temperatura do ar nas cidades, levando ao desenvolvimento de ilhas de calor.

Segundo SANTAMOURIS et al. (2001), a ilha de calor, apesar de poder reduzir o consumo de energia para aquecimento, pode também aumentar a carga térmica necessária para resfriamento dos edifícios. Isso leva, portanto, ao alto consumo de energia, provocado pelo uso de aparelhos destinados a amenizar o desconforto térmico humano. SAITO et al (1996) mostram que o próprio aumento no consumo de energia pode causar problemas ambientais na atmosfera urbana.

Além das características externas à edificação, diversas variáveis da própria edificação e o seu usuário influem no consumo de energia elétrica. O funcionamento de dispositivos e equipamentos consumidores de energia está muitas vezes relacionado a requisitos térmicos e lumínicos, que devem ser atingidos para o adequado desempenho e conforto do usuário em suas atividades.

Levando em consideração as condicionantes energéticas dos edifícios e a necessidade de minimização no consumo de energia das edificações, essa pesquisa relaciona a configuração urbana, a implantação do edifício e o consumo de energia. Procura-se estudar a interface entre o ambiente interno e a área urbana.

2 METODOLOGIA

A metodologia é dividida em três fases: a etapa de caracterização geral do consumo de energia elétrica em uma fração urbana; a etapa de identificação da importância das variáveis construtivas do edifício térreo sobre o consumo e a etapa de investigação ainda mais detalhada da influência de características de edifícios de múltiplos andares sobre o consumo de energia elétrica.

Para as três fases da pesquisa o fator de visão do céu (FVC) é tomado como um elemento caracterizador da geometria urbana, possibilitando estabelecer as relações entre o entorno e um ponto ou edifício específico na malha urbana. É, portanto, aqui considerado como o elemento de representação da configuração urbana e da implantação do edifício. O fator de visão do céu representa uma estimativa da área visível de céu a partir de um determinado ponto, sendo um parâmetro adimensional, cujo valor varia de 0 (obstrução total do céu) a 1 (visão total da abóbada celeste). Como o céu apresenta, normalmente, temperaturas mais baixas do que a superfície terrestre, funciona como um elemento primordial no balanço de energia, pois recebe as radiações de ondas longas emitidas pelo solo terrestre, que consequentemente perde calor, diminuindo a sua temperatura. Por isso a capacidade de resfriamento das superfícies urbanas está relacionada à obstrução da abóbada celeste. Da mesma forma, as obstruções à abóbada celeste podem influir na disponibilidade de luz dos espaços construídos. Por consequência de todos esses aspectos, o FVC pode influir no consumo de energia elétrica.

Para o desenvolvimento e aplicação da metodologia foi selecionada uma fração urbana (Figura 1) representativa de um bairro residencial, que se encontra em rápido processo de verticalização, na cidade de Bauru (coordenadas 22°15' e 22°24' de latitude sul, 48°57' e 49°08' de longitude oeste e entre 500 e 630 m de altitude). Nesse bairro foi feita a determinação do FVC em diversos pontos, além

do levantamento térmico e do levantamento do consumo de energia elétrica, permitindo o desenvolvimento de mapas para toda aquela fração urbana.

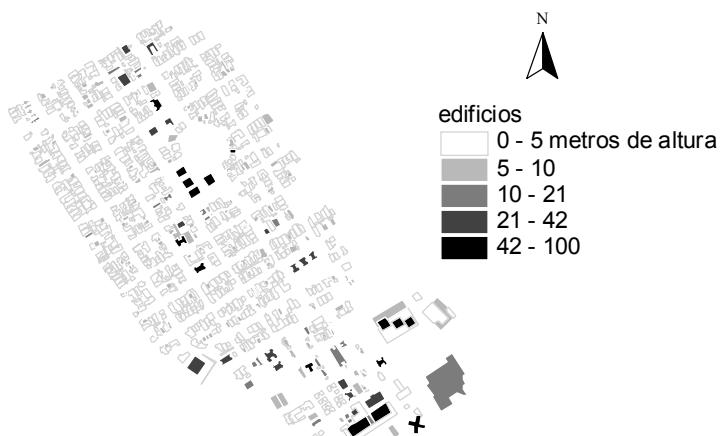


Figura 1 – Fração urbana estudada na cidade de Bauru

Para a determinação do FVC, foi aplicada a extensão 3DSkyView, desenvolvida por SOUZA, RODRIGUES e MENDES (2003). Incorporada a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), a 3DSkyView para ser executada utiliza-se do software ArcView GIS (da ESRI – Environmental Systems Research Institute, Inc.). O mesmo SIG foi utilizado para armazenamento dos demais dados e a utilização de ferramentas para a criação dos mapas temáticos. Os mapas foram criados a partir da interpolação de resultados colhidos em diversos pontos do bairro, utilizando-se o método Spline disponível no SIG.

A coleta de dados de temperaturas do ar foi realizada através de data-loggers do tipo HOBO® H8 Pro/Temp/External Temp H08-031-08, fixados em postes de iluminação nos 40 pontos de estudo. Paralelamente, dados de temperaturas do ar das áreas externas à cidade (zona rural) - disponibilizadas em tempo real on-line pelo IPMet (Instituto de Pesquisas Meteorológicas) - foram registrados para que as diferenças térmicas entre campo e cidade pudessem ser identificadas e detectada a formação de ilhas de calor no bairro. Os dados foram coletados no período de verão de 2006.

Para o levantamento do consumo energético, foram obtidas informações na CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) sobre o consumo de energia elétrica por consumidor, em cada um dos transformadores correspondentes aos mesmos 40 pontos específicos da campanha térmica. Em seguida, foi aplicado um questionário com os moradores do bairro, buscando-se complementar as informações específicas do perfil do usuário.

Uma vez identificados os padrões, as edificações residenciais terreas foram agrupadas para que pudessem ser comparadas entre si. O critério de agrupamento considerou o tipo da edificação, o número de moradores, número de dormitórios, renda familiar e equipamentos existentes. As amostras utilizadas configuram-se como unidades com áreas construídas iguais ou semelhantes entre si e nenhuma delas apresentou a existência de condicionadores de ar. Esse processo de agrupamento resultou na seleção de cinco edificações residenciais terreas (Figura 2).

Os dados reais de consumo de energia elétrica mensal dessas edificações foram incorporados como dados de saída para o desenvolvimento de modelos de Redes Neurais Artificiais (RNA). Simulando o comportamento dos neurônios do cérebro humano, nas RNAs, os modelos são criados a partir de dados reais, tanto para variáveis de entrada, como variáveis de saída. Os dados são processados e há uma aprendizagem de padrões, a partir da qual a rede é desenvolvida e o modelo gerado. Assim, as RNAs determinam a importância relativa de cada variável de entrada para a variável de saída. SILVA et al (2004) apresentam detalhadamente essa técnica.

No caso aqui estudado, aplicou-se o software Easy-NN, desenvolvido por Stephen Wolstenholme, com as seguintes variáveis de entrada: 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.

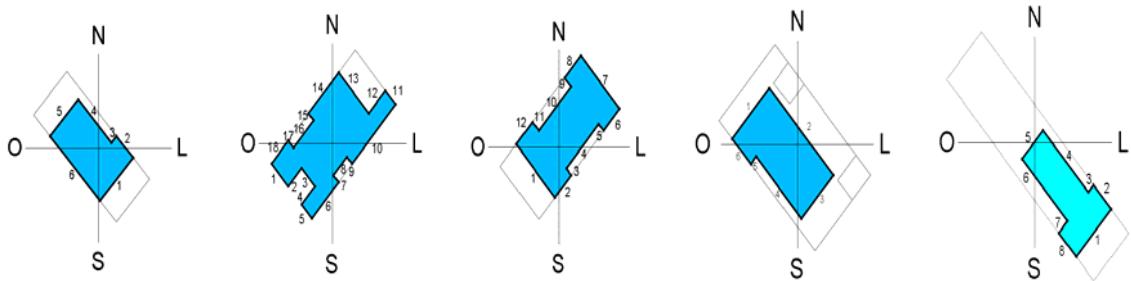


Figura 2 – Orientação das casas selecionadas

A última etapa do estudo para relação entre a configuração urbana, a implantação do edifício e o consumo de energia elétrica considerou os edifícios de múltiplos pavimentos. Nesse caso, o agrupamento de semelhança foi determinado pela igualdade construtiva na planta baixa dos apartamentos. Foram tomados três edifícios de um mesmo condomínio, distribuídos linearmente um ao lado do outro (Figura 3) de edifícios de 12 pavimentos, com 4 apartamentos por andar, de igual área construída, rebatidos simetricamente e com 3 dormitórios. As eventuais diferenças entre o perfil do usuário foram incorporadas como variáveis de entrada em um modelo desenvolvido também através da técnica das RNAs.

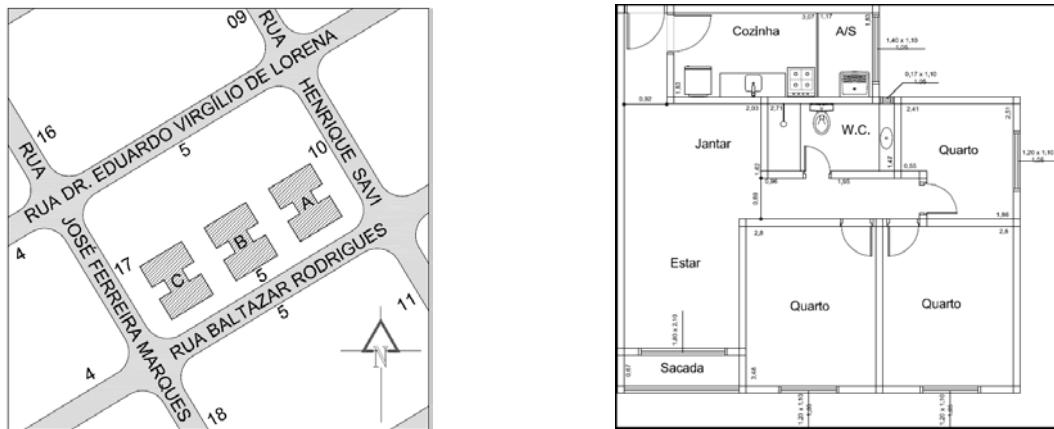


Figura 3 – Localização do edifícios e planta tipo dos apartamentos

Para cada apartamento foi determinada a orientação, altura do pavimento e fator de visão do céu. Quanto à orientação, adotou-se a seguinte designação para os apartamentos: apartamentos com fachada principal orientada a NO e secundária a NE são aqui denominados NO-NE; apartamentos com fachada principal orientada a NO e secundária a SO são aqui denominados NO-SO; apartamentos com fachada principal orientada a SE e secundária a SO são aqui denominados SE-SO. Quanto à altura, foi estimada em função do número do pavimento e com base em um pé-direito de 3m, variando-se até a altura até 36m. Quanto ao FVC, seus valores foram considerados a partir do ponto médio das fachadas principais e secundárias de cada apartamento.

Do mesmo modo que no caso das edificações térreas, a variável de saída do modelo para edifícios de múltiplos pavimentos foi o consumo médio mensal dos apartamentos, enquanto as variáveis de entrada foram as variáveis de implantação e ainda as demais levantadas com o questionário ao usuário. Assim as variáveis de entrada de interesse direto desse estudo foram a orientação, a altura e FVC, tendo ainda sido considerado no modelo o mês (inverno/verão), o número de moradores, a ocorrência de sombreamento, a existência de condicionadores de ar e a existência de freezer.

Em ambos os casos, dos edifícios térreos e os de múltiplos pavimentos, os modelos gerados por RNA observaram que 50% dos dados reais fossem utilizados para treinamento da rede, 25% para validação dos resultados e 25% para testes. Após o desenvolvimento da rede, os modelos foram selecionados em função dos menores erros relativos (menores que 15%) e dos maiores coeficientes de determinação (maiores que 70%). Com a obtenção dos melhores modelos, aplicou-se os dados médios reais de cada variável como dados de entrada para simulação e análise do comportamento do consumo de energia elétrica em função da variável. No caso de condicionadores de ar e freezers, os dados de entrada foram considerados como variáveis dummy (zero para ausência e um para existência). Nos testes de simulação com o modelo para a análise do consumo, devido a não existência de um valor médio utilizou-se igual situação para todos os apartamentos.

Aplicou-se a RNA para avaliar os pesos de variáveis no consumo de energia elétrica, não havendo intenção de identificar o modelo matemático em si, mas sim possibilitar uma avaliação da influência de algumas variáveis mais importantes no consumo de energia elétrica.

3 RESULTADOS

O resultado para a geometria urbana do bairro está representado pela figura 4, na qual é apresentado o mapa de fator de visão do céu contínuo. O bairro residencial estudado apresenta uma variação do valor de FVC entre 0.5 e 1, com maior concentração para valores entre 0.6 e 0.85.

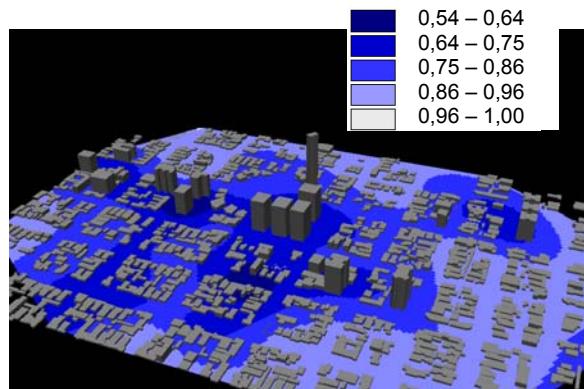


Figura 4 – Mapa de fator de visão do céu contínuo

A partir das diferenças horárias de temperaturas entre os pontos de referência da área urbana e aquele da área rural, foi possível apontar o horário das 19h como o de maior expansão da ilha de calor noturna. Um mapa temático com as diferenças térmicas médias naquele horário para o bairro é apresentado na figura 5. É possível observar que pontualmente a área urbana pode apresentar até 9°C a mais do que a área rural nesse horário e que o valor médio é de 4,5°C.

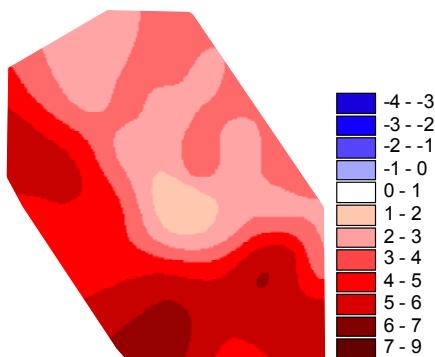


Figura 5 – Formação de ilhas de calor para o horário das 19h no verão

Sobre o perfil do usuário, os principais resultados são apresentados nas figuras 6 e 7. A renda familiar da fração estudada varia de 1 a 50 salários mínimos, enquanto o consumo de energia elétrica está entre 0 e 850 kWh/mês.

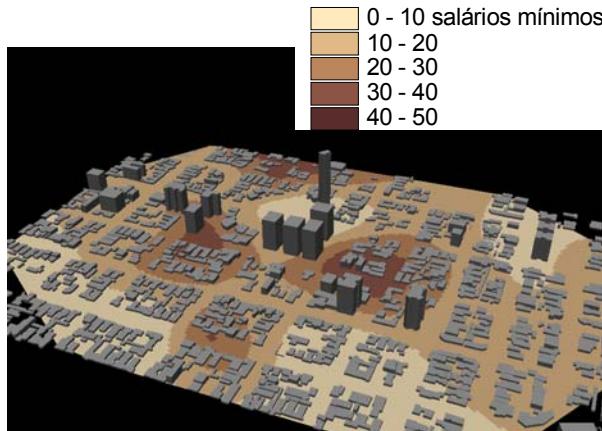


Figura 6 – Renda Familiar no bairro

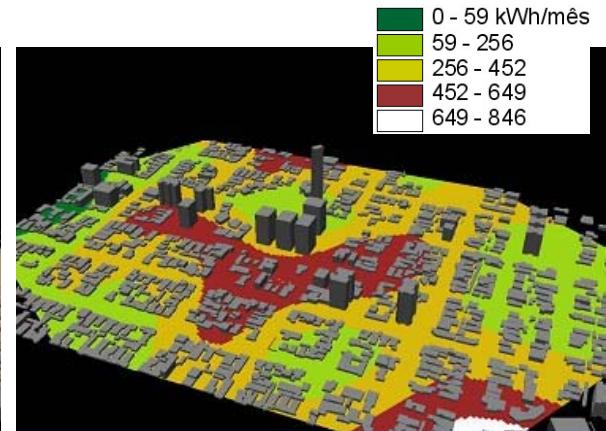


Figura 7 – Consumo de energia elétrica

Cruzando as informações do consumo de energia elétrica com os valores médios da ilha de calor diária tem-se a figura 8, enquanto na figura 9 o mesmo é dado em função dos valores médios de FVC.

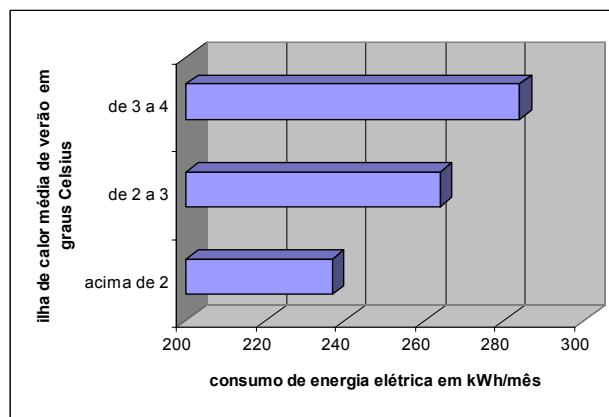


Figura 8 – Consumo de energia mensal dado em função dos valores médios diários da ilha de calor

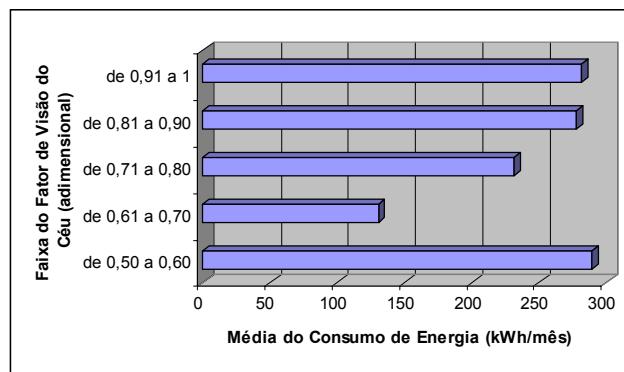


Figura 9 – Consumo de energia mensal dado em função dos valores médios do Fator de Visão do Céu

Apesar da distribuição e forma espacial da ilha de calor às 19h não ser coincidente com a área do bairro em que se encontra o maior consumo de energia elétrica, visualmente pode-se constatar uma tendência de maior consumo na região em que se manifesta o maior armazenamento de calor. Aqui se ressalta que as ilhas de calor se formam em diversos horários e a relação com o consumo de energia não é resultado específico do horário das 19h. Entretanto, quando se observa o gráfico da Figura 8, fica evidenciado o aumento do consumo de energia com o aumento da temperatura.

Destaca-se ainda que os mapas apresentados nas figuras 6 e 7 indicam nítida semelhança entre o padrão de renda familiar e o de consumo de energia elétrica médio mensal. Regiões de maior consumo de energia são praticamente as mesmas em que se localizam as famílias de maior poder aquisitivo. Foram notadas também ocorrências de maior consumo em pontos de baixo FVC, porém como os dados medidos para a análise urbana referem-se a apenas um período de verão, ainda não podem ser extraídos dados estatísticos que comprovem essa tendência, ficando aqui apenas a possibilidade apontada.

Tomando-se a figura 9, é importante observar que a faixa de fator de visão do céu entre 50 e 60% revela-se a de maior consumo de energia entre todas. Isso indica a importância de ser levado em conta essa característica geométrica em análises do consumo de energia elétrica. A análise indica que o baixo índice de FVC, somado às boas condições financeiras da população moradora e às condições térmicas, ocasiona no bairro um padrão mais alto de consumo de energia elétrica.

No entanto, ainda é importante salientar que também as faixas com fatores de visão do céu acima de 60% revelam uma clara tendência ao aumento de consumo de energia. Isso pode estar ocorrendo porque o maior FVC representa maior acesso solar e, portanto, maior ganho de calor por radiação solar direta. Os resultados podem indicar que existe um limite de adensamento para o qual se tem uma otimização energética e, numa futura verificação dessa hipótese, este provável limite pode desde já estar apontando para a faixa de FVC entre 60 e 70%. No entanto, outros estudos são necessários para a verificação da repetição desse fato, dado a limitação do período de coleta de dados para o tipo de fenômeno aqui analisado.

Com a aplicação das RNAs para as edificações terreas identificaram-se as importâncias relativas de cada variável construtiva em diversos modelos desenvolvidos para análise. A tabela 1 apresenta o resultado para os cinco modelos desenvolvidos e aponta a área da fachada noroeste como a maior responsável pelo consumo de energia nas casas analisadas.

Tabela 1 – 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%

Em relação aos resultados apresentados na tabela 1, apesar de pequena oscilação na ordem e grau de importância das variáveis entre os modelos, algumas tendências são extraídas. Verificou-se que: a variável mais relevante entre as estudadas foi 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; para o FVC, a área de fachada SO e a área de fachada NE as importâncias são 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.

Já para os edifícios de múltiplos andares, com o desenvolvimento de outros modelos e aplicação daquele de melhor desempenho, foi possível verificar tendências em função da orientação, da altura e do fator de visão do céu. Os resultados mais importantes são apresentados nas figuras de 10 a 12.

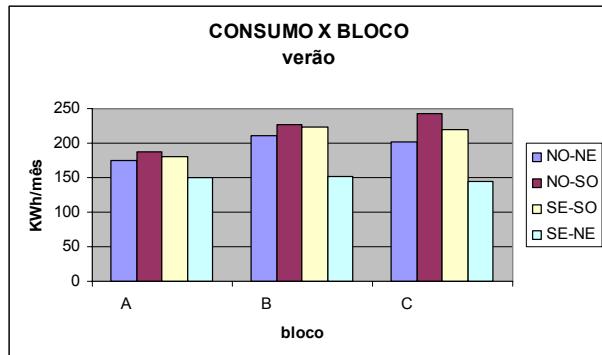


Figura 10 – Consumos de verão para cada fachada

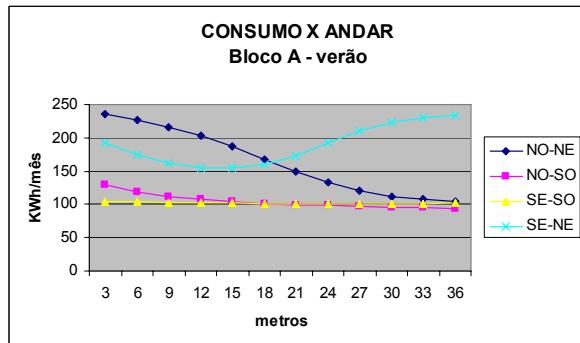


Figura 11 – Consumos de verão por altura do pavimento para o bloco A

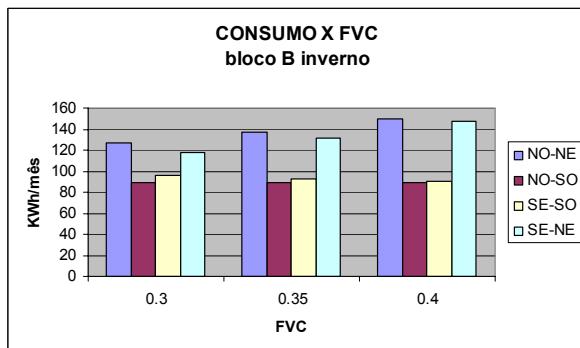


Figura 12 – Consumos de inverno por FVC o para o bloco B

Essa análise mais detalhada dos edifícios de múltiplos pavimentos mostra que a média geral de consumo é de 150 kWh/mês. Os apartamentos orientados sobre os quadrantes NO-SO (fachada principal - fachada secundária) tenderam a ser os maiores consumidores, seguidos por aqueles implantados sobre o quadrante SE-SO. Quanto aos menores consumidores, os apartamentos voltados a SE-NE tenderam ao menor consumo e maior equilíbrio de valores entre eles.

Com pequenas exceções, a influência da altura do apartamento é semelhante para os três blocos estudados. Na maioria das situações, o incremento na altura dos apartamentos voltados a NO-NE, indicou queda no consumo, alcançando valores abaixo da média de 150 kWh/mês a partir dos 18m. A partir de 24m de altura essa queda tendeu a se estabilizar. O oposto foi verificado para a fachada SE-NE, para a qual a maior tendência é de aumento do consumo à medida que se aumenta a altura do

pavimento. Em alguns casos esse aumento de consumo para os apartamentos a SE-NE ocorreu acima dos 18m de altura. Para as fachadas NO-SO e SE-SO, com pequenas exceções (como no bloco A no inverno), a tendência é de equilíbrio, mesmo que a altura do pavimento seja alterada, mantendo-se abaixo da média de 150 kWh/mês.

Para cada fachada, verifica-se um comportamento diferenciado em relação ao FVC. Para apartamentos voltados a NO-NE, a maioria das situações apresentou um pequeno aumento do consumo com o incremento do FVC, principalmente nos meses de inverno. Para a fachada NO-SO, a alteração do FVC não representou mudança significativa de consumo. Na orientação SE-SO, o aumento do FVC gerou, na maioria das vezes, uma pequena redução no consumo de energia. Por último, para a orientação SE-NE, uma tendência de aumento do consumo com o incremento do FVC foi verificada, principalmente para o bloco C no inverno.

4 CONCLUSÕES

Para as diversas escalas estudadas o FVC apresentou-se como variável que não pode ser negligenciada quando da análise do consumo de energia elétrica. O fator de visão de céu influí no tempo de insolação dos edifícios e na disponibilidade de luz nos ambientes construídos, porém poucos são os estudos voltados para esse tipo de análise e mais raros ainda aqueles que estabelecem sua correlação com o consumo de energia elétrica.

No âmbito da fração urbana estudada, as áreas que demonstraram consumo mais alto de energia elétrica coincidem com as de maior poder aquisitivo. Chama-se aqui a atenção para a necessidade de aprofundamento dos estudos quanto ao fato de ocorrer áreas de maior consumo em pontos mais verticalizados, ou seja, em locais com baixo valor de FVC.

Para as edificações terreas, a área de exposição da fachada NO foi a variável mais importante. Porém também nessa escala o FVC alcançou níveis de importância semelhantes ao das áreas das fachadas SO e NE, ou seja, entre as variáveis analisadas, sua importância sobre o consumo de energia elétrica assumiu em média 14% para todos os modelos desenvolvidos.

Para os apartamentos situados em edifícios de múltiplos pavimentos, os maiores consumidores são aqueles voltados a NO-SO e os menores por apartamentos voltados a SE-NE. Em relação à altura das edificações, os resultados para as fachadas NO-NE e SE-NE indicam que acima de 24m de altura não há melhoria na eficiência energética do apartamento. Isso corresponde a um edifício de no máximo 8 pavimentos. Com relação ao FVC, pode causar aumento ou queda no consumo de energia conforme a fachada considerada. Quando este aumento representa alto ganho de calor por aumento do tempo de insolação, o aumento no FVC entre valores que variam de 0,3 a 0,5, tende a representar incremento no consumo de energia elétrica, pela provável utilização de equipamentos para atingir o conforto térmico. Porém para fachadas cuja incidência solar é mais restrita, seu aumento representa possibilidade de maior disponibilidade de luz e assim a redução do consumo causado pelo uso de luz artificial.

Quanto a metodologia empregada, as RNAs mostraram-se ferramentas adequadas e essenciais para a concretização da análise aqui proposta.

5 REFERÊNCIAS

ALUCCI, M. P.; BUORO, A. B. Aplicação do software Fachada 2.0 para avaliação do desempenho térmico de fachadas como e sem brise. In.: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 8, e LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 4, 2005, Maceió. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: RORIZ, M., CABUS, R., GHISI, E., 2005, p. 9-16.

ASSIS, E. S. Critérios de acessibilidade ao sol e à luz natural para conservação de energia em escala de Planejamento Urbano. In.: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 9, 2002, Foz do Iguaçu. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, 2002, p. 991-1000.

BRANDÃO, R. S.; ALUCCI, M. P. Procedimento para avaliação do impacto de novas edificações no consumo energético do entorno. In.: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 8, e LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4**, 2005, Maceió. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: RORIZ, M., CABUS, R., GHISI, E., 2005, p. 230-239.

CARRIÈRES, K. M.; RORIZ, M. Desempenho térmico e consumo energético de edifícios de escritórios em São Carlos, SP. In.: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 8, e LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4**, 2005, Maceió. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: RORIZ, M., CABUS, R., GHISI, E., 2005, p. 2222-2224.

PAPA, R. P.; JOTA, P. R. S.; ASSIS, E. S. Normalização do consumo específico do edifício sede da CEMIG em função da temperatura externa. In.: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 8, e LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4**, 2005, Maceió. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: RORIZ, M., CABUS, R., GHISI, E., 2005, p. 1416-1423.

SAITO, T. S.; SHIMADA, T.; HOSHI, H. 1996. Modeling and simulation of the Tokyo urban heat island. *Atmospheric Environment*. 30(20): 3431-3442.

SANTAMOURIS, M.; PAPANIKOLAOU, N.; LIVADA, I.; KORONAKIS, I.; GEORGAKIS, C.; ARGIRIOU, A. and ASSIMAKOPOLOUS, D.N., 2001: On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70(3): 201-216

SILVA, A.N.R; RAMOS, R. A.R.; SOUZA, L.C.L; RODRIGUES, D.S; MENDES, J.F.G. **SIG Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes**. São Carlos, SP: Ed. Dos Autores, 2004.

SOUZA, L.C.L.; RODRIGUES, D.S.; MENDES, J.F.G. A 3D-GIS extension for sky view factors assessment in urban environment, **Proc. of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management**, Sendai, 27-29 May, 2003: Japan.

SOUZA, L. C. L.; PEDROTTI, F. S.; LEME, F. T.; CORRÊA, J. R. Consumo de energia urbano: influência do perfil do usuário, da geometria urbana e da temperatura. In.: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 8, e LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4**, 2005, Maceió. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: RORIZ, M., CABUS, R., GHISI, E., 2005, p. 1960-1969.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a FAPESP, CNPq e FUNDUNESP pelos auxílios concedidos, a CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz pelo apoio na coleta de dados de consumo de energia elétrica e aos moradores do bairro Vila Universitária por sua indispensável colaboração no preenchimento de questionários.