



## III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

### CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS DA CIDADE DO SALVADOR

Ana Cristina Romano Mascarenhas, Arquiteto  
Asthon D'Alcântara, Eng. Eletricista  
Jussara Maria Fabel Guimarães Nery, Arquiteto, MSc  
Tereza Maria M. Freire, Arquiteto, MSc  
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - COELBA  
Laboratório de Conforto Ambiental - LACAM / UFBA  
Rua Caetano Moura 121, CEP 40.210-350 - Salvador - BA  
Tel.: (071) 2458480 / 3705373; Fax: 2473511

#### RESUMO

Este trabalho relaciona o consumo de energia elétrica por área construída total (kWh/m<sup>2</sup>) e a tipologia das edificações. A amostra foi classificada, em função do percentual de área envidraçada sobre a área total das fachadas, em quatro tipos: "pesado", "médio", "envidraçado" e "protegidos". Os dados de consumo das unidades foram totalizados por edificação e obtida a média por tipo. Os resultados indicam a existência da correlação entre tipologia e consumo energético, mostrando também que as edificações "envidraçadas" apresentam o desempenho energético mais baixo, enquanto que as "pesadas" e as "protegidas" apresentam os consumos médios próximos e melhores desempenhos energéticos.

#### ABSTRACT

This paper relates energy consumption by total built area (kWh/m<sup>2</sup>) and building designs. The studied sample was divided into four types: "heavy-built", "medium-built", "glass-panels" and "built with shading devices". The results point out to the existence of a correlation between building design and energy consumption, indicating that "glass-panel" building types show the worst energy performance, whereas the "heavy-built" ones and the building with "shading-devices" present similar average energy consumption and also lower values than the others, this displaying the best performance a best performance.

#### PALAVRAS-CHAVE

Consumo de energia; conservação de energia; ambiente construído: tipologia de edificações.

#### INTRODUÇÃO

Correlacionar o consumo de energia elétrica e a tipologia das edificações, identificando padrões construtivos de maior eficiência energética, objetivo deste trabalho, é condição necessária para conscientizar os projetistas de sua responsabilidade na contemporização da crise energética, ressaltando a relação intrínseca entre a arquitetura e o clima, o que vem sendo negligenciado pela atual tendência da arquitetura, especialmente na realidade soteropolitana. Além disso, entende-se que só através da correlação entre tipologia, consumo de energia e

conforto ambiental, poderão ser estabelecidos códigos de construção por desempenho, substituindo os vigentes, ainda com forte ênfase formalista.

O presente trabalho é parte integrante da pesquisa "Conservação de energia e conforto ambiental em edificações comerciais "da Cidade do Salvador, que abrangerá na sua continuidade a avaliação pós-ocupação centrada no

TABELA 1

EDIFÍCIO	Nº PAV.	Nº UNID	OCUP(%)	USO	SC (m <sup>2</sup> )
LU	04	07	100	E	505,5
CO	13	68	90	E, C, L	11463,3
BE	12	69	88,4	E, C	4788,9
TO	6	29	93	E, C	1215,3
CJ	11	137	57,6	E, L	9312,1
LV	05	12	75	E	739,7
AS	05	19	100	C	1174,6
WM	06	09	67	E	1621,3
CP	11	30	70	E	5665,4
ET	16	106	88	E, C	6839,1
IB	07	único	100	E	3700,5
SR	06	25	88	E, C, L	2062,6
CB	04	único	100	C	569,1
EE	13	50	84	E, C, L	5688,8
SC	06	63	55	E, C, L	2105,3
AL	14	96	87,5	E, C, L	3689,7
GA	02	08	87,5	C	234,5
BC	12	único	100	E	3196,8
EC	06	51	82	E, L	2773,6
CA	06	único	100	E, C	2540,8
CC	15	13	92	E	9371,4
TC	07	45	58	E, L	7115,0
EP	04	38	63	E, L	7447,4
HD	06	77	87	C, L	2555,5
MC	05	310	76	E, C, L	12601,1
RT	19	144	99,3	E, C	12041,8
XV	12	13	77	E	2355,0
CV	10	27	100	E	7309,7
AB	12	163	83	E	4640,2
UN	06	08	75	E	1524,4

**LEGENDA:**

SC - Área Construída Total em m<sup>2</sup> ;

E - Escritórios; C - Consultórios Médicos; L - Lojas;

único - Edifícios cujo uso são exclusivos de uma única instituição;

OBS.: A ocupação do edifício foi calculada retirando as unidades que apresentaram consumo mínimo (monofásico-30 kWh, bifásico-50 kWh e trifásico-100 kWh) ou desligadas durante o período estudado.

conforto ambiental, incluindo enquete com os usuários, avaliação do desempenho térmico e luminoso através de programa de computador e medições in loco, medições da demanda de energia e levantamento das potências instaladas. Esta pesquisa parte do pressuposto de que o crescente consumo de energia nas edificações não tem significado melhoria das condições de conforto ambiental, mas tem comprometido parcelas significativas da economia das nações e causado impactos negativos sobre o meio ambiente (Agência, 1994).

Este trabalho deve ser entendido como um primeiro ensaio da pesquisa, onde foi tomado conhecimento do seu universo. Foram elaboradas ao todo dezenove rotinas de trabalho para a execução da pesquisa, das quais cinco estão sendo apresentadas.

## METODOLOGIA

Na rotina 01 foram selecionadas 82 edificações dentro do universo considerado - edificações comerciais da cidade do Salvador - através de sorteio aleatório, com nível de confiança de 95,5% e margem de erro de 10%.

Na rotina 02 foram visitadas as edificações selecionadas na etapa anterior e aplicado uma ficha cadastral solicitando informações iniciais sobre a edificação e sua função e uso, executado o levantamento fotográfico e

obtidas as plantas arquitetônicas, verificando se estas correspondiam ao construído. Nesta - etapa foram descartados as edificações de uso misto com residencial, as que estavam praticamente desocupadas e as antigas, cujas plantas não foram localizadas<sup>1</sup>. Restaram nesta etapa 30 edificações que abrigam usos comerciais, escritórios, serviços e consultórios médicos, relacionadas Tabela 1.

Na rotina 03 as edificações foram agrupadas por tipologia, de acordo com o critério inicial proposto. Para essa classificação foram levadas as áreas construídas, as áreas das fachadas, as áreas envidraçadas e calculado o percentual de áreas envidraçada sobre a área total das fachadas ( $S_{vi}$ ). Os quatro tipos, considerados são: edificações com envoltória "pesada" ( $S_{vi} \leq 20\%$ ), edificações com envoltória "média" ( $20\% < S_{vi} < 40\%$ ), edificações com envoltória "envidraçada" ( $S_{vi} \geq 40\%$ ) e edificações com envoltória "protegida", aqueles que são revestidos por protetores solares.

Na rotina 15 foram levantados os consumos mensais de energia de todas as unidades autônomas e das áreas comuns de cada edificação, através do Sistema de Atendimento Comercial (CMA) da COELBA. O período levantado, correspondente a um ano, março/94 a fevereiro/95, é o único armazenado pela concessionária.

Os dados de consumo mensal das unidades autônomas foram totalizados e obtidos o consumo total anual, o consumo mensal médio, menor consumo mensal, maior consumo mensal, e respectivos meses, a moda, consumo total anual e o consumo mensal por unidade de área construída dispostos na Tabela 2. Estas informações permitiram o agrupamento da amostra conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 2

EDF	CA	CMm	CMm/m	CMM/m	MODA	CA/m <sup>2</sup>	CM/ m <sup>2</sup>
LU	56.216	4.685	3.418/jul	6.087/fev	5.173	111,20	9,27
CO	761.114	63.426	54.538/ago	75.843/mar	60.000	66,40	5,53
BE	367.981	30.665	24.714/jul	38.864/fev	29.950	76,80	6,40
TO	241.364	20.114	16.767/mar	24.506/fev	17562	198,60	16,55
CJ	438.856	36.571	31.180/out	45.445/abr	33.000	47,13	3,93
LV	23.806	1.984	1.377/mar	2.434/set	2.100	32,18	10,16
AS	118.432	9.869	7.441/jul	12.976/fev	9.600	100,82	8,40
WM	33.551	2.795	2.309/jan	3.300/abr	2.680	20,69	1,72
CP	253.674	21.139	15.967/out	25.465/jun	20.500	44,78	3,73
ET	476.755	39.730	31.842/ago	47.338/abr	41.500	69,71	5,81
IB	1.260.500	105.041	94.500/jul	126.000/abr	103.000	340,60	28,40
SR	132.972	11.081	8.539/jul	14.781/fev	10.600	64,47	5,37
CB	32.795	2.733	1.517/jul	4.479/mar	2.500	57,63	4,80
EE	440.319	36.693	28.190/jul	48.381/fev	34.250	77,40	6,45
SC	135.182	11.267	8.294/jul	13.643/fev	10.333	64,21	5,35
AL	428.297	35.691	28.625/ago	42.246/fev	36.375	116,08	9,67
GA	22.731	1.898	1.555/jul	2.137/nov	1960	96,93	8,09
BC	473.069	34.422	32.380/jul	55.719/fev	37.286	147,98	12,33
EC	141.057	11.755	9.536/ago	14.542/abr	10.633	50,85	4,20
CA	237.600	19.800	15.200/jul	23.200/fev	19.800	93,50	7,80
CC	562.913	46.909	40.324/set	63.081/mai	44.725	60,07	5,01
TC	1.185.267	98.772	76.019/jul	136.026/fev	98.714	166,59	13,87
EP	601.225	50.102	34.969/ago	66.810/mar	49.600	80,73	6,73
HD	306.703	25.558	18.530/jul	31.141/fev	25.750	120,00	10,00
MC	1.575.464	131.289	104.562/out	164.313/fev	134.400	125,00	10,42
RT	988.762	82.397	68.346/jul	104.162/fev	86.383	82,11	6,84
XV	295.072	24.589	9811/abr	52029/mai	18.216	125,30	10,44
CV	329.523	27.460	23.902/nov	31.685/fev	28.000	45,08	3,76
AB	689.902	57.492	46.481/ago	71.550/abr	51.920	148,68	12,39
UN	251.960	20.997	17.505/ago	24.082/abr	22400	165,28	13,77

LEGENDA:

CA - Consumo Anual

CMm - Consumo Mensal Médio

CMm/m - Menor Consumo Mensal/ Mês de menor consumo

CMM/m - Maior Consumo Mensal/ Mês de maior consumo

CA/ m<sup>2</sup> - Consumo anual por unidade de área

CM/ m<sup>2</sup> - Consumo mensal por unidade de área

Obs.: Foram computados os meses de março/94 a fevereiro/95.

<sup>1</sup> O distrito comercial tradicional da Cidade do Salvador, localizado na Cidade da Baixa, encontra-se em forte processo de transferência para a nova área de expansão da cidade. Com isso foram encontradas diversas edificações com baixa ocupação, como também, edificações novas, com menos de um ano de uso, situadas na nova área comercial. Outra limitação foi encontrada no arquivo municipal que não permite a localização de plantas das edificações licenciadas antes de 1980.

O consumo médio das edificações, por unidade de área construída, considerando-se as áreas de garagem coberta e a ocupação efetiva, varia de 3,7 a 10,2 kWh/m<sup>2</sup> para os tipos "protegidos", de 4,8 a 9,7 kWh/m<sup>2</sup> para os tipos "pesados"; de 4,2 a 10,4 kWh/m<sup>2</sup> para os tipos "médios" e de 6,8 a 13,9 kWh/m<sup>2</sup> para a categoria do tipo "envidraçado".

Tendo sido observada a heterogeneidade da amostra em relação às áreas destinadas às garagens, com variação de 0 a 4.000,00 m<sup>2</sup> de área de garagem, os cálculos do consumo médio foram refeitos, retirando-se estas áreas, o que resultou em valores médios mais altos que os anteriormente obtidos. Estes resultados estão apresentados na Tabela 3, nas colunas 05 e 06.

TABELA 3.

EDIFÍCIO	CMGR/m <sup>2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> )	CMGS/m <sup>2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> )	CMR/m <sup>2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> )	CMS/m <sup>2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> )	Svi (%)	Ocup. (%)	
<b>EDIFÍCIOS PESADOS (Svi ≤ 20%)</b>							
SR*	5,4	6,1	6,9	7,8	5,5	88,0	
CB	4,8	4,8	4,8	4,8	13,7	100,0	
EE*	6,5	7,7	8,2	9,8	17,1	84,0	
SC*	5,4	9,7	6,2	11,2	17,5	55,0	
AL*	9,7	11,0	13,5	15,4	17,6	87,5	
GA	8,1	9,2	8,1	9,2	18,0	87,5	
MÉDIAS	6,7	8,1	8,0	9,7			
<b>EDIFÍCIOS MÉDIOS (20% &lt; Svi &lt; 40%)</b>							
EC*	4,2	5,1	4,9	6,0	22,2	82,0	
CC*	5,0	5,5	5,7	6,2	22,4	92,0	
CA	7,8	7,8	10,8	10,8	27,0	100,0	
EP	6,7	10,7	6,7	10,7	31,8	63,0	
HD*	10,0	11,5	13,3	15,3	35,0	87,0	
MC	10,4	13,7	10,4	13,7	35,7	76,0	
MÉDIAS	7,4	9,1	8,6	10,5			
<b>EDIFÍCIOS ENVIDRAÇADOS (Svi ≥ 40%)</b>							
RT*	6,8	6,9	8,3	8,3	45,1	99,3	
XV	10,4	13,6	10,4	13,6	49,7	77,0	
A	12,4	14,9	12,4	14,9	51,0	83,0	
TC*	13,9	23,9	17,3	29,9	40,0	58,0	
MÉDIAS	10,9	14,8	12,1	16,7			
<b>EDIFÍCIOS PROTEGIDOS POR QUEBRA-SOL (parcial ou totalmente)</b>							
							Sprot.(%)
LU *	9,3	9,3	9,3	9,3	4,0	100,0	5,0
	5,5	6,1	8,6	9,5	9,0	90,0	81,4
LV*	10,2	13,5	10,2	13,5	7,6	75,0	11,6
AS	8,4	8,4	8,4	8,4	1,9	100,0	23,3
BE	6,4	7,2	8,7	9,8	1,3	88,4	19,7
ET	5,8	6,6	7,2	8,1	5,0	88,0	80,0
CP	3,7	5,3	3,7	5,3	21,7	70,0	35,0
MÉDIAS	7,0	8,1	8,0	9,1			

LEGENDA:

- CMGR/m<sup>2</sup> - Consumo médio por unidade de área, incluindo garagem e ocupação real;
- CMGS/m<sup>2</sup> - Consumo médio por unidade de área, incluindo garagem e ocupação simulada de 100%;
- CMR/m<sup>2</sup> - Consumo médio por unidade de área, excluindo garagem e ocupação real;
- CMS/m<sup>2</sup> - Consumo médio por unidade de área, excluindo garagem e ocupação simulada de 100%;
- Svi - Percentual de área de vidro sobre a área total das fachadas;
- Ocup. - Percentual de unidades ocupadas sobre o total de unidades;
- Sprot. - Percentual da área protegida sobre a área total das fachadas.
- \* - Edifícios com garagem

Da mesma forma, com o objetivo de realizar uma simulação simples para uma ocupação de 100%, os dados do consumo médio por unidade de área foram recalculados, estimando-se linearmente a ocupação total da edificação, incluindo-se e excluindo-se as áreas de garagem. Estes dados estão apresentados respectivamente nas colunas 04 e 06 da Tabela 3. Outras simulações deverão, ser feitas, após uma investigação mais detalhada em unidade comercial, o que inclui o levantamento das potências instaladas.

## A AMOSTRA

Caracterizou-se os quatro tipos de edificações pelos valores médios dos consumos por unidade de área, observando-se as simulações realizadas, ou seja, incluindo-se e excluindo-se as áreas de garagem e a ocupação real e simulada, conforme a Tabela 3.

O Edifício BC não foi computado por dispor de equipamentos com potência de 38 kVA (CPD) e uma central de refrigeração de 7,5 TR funcionando 24 horas por dia, o que eleva muito o seu consumo. O Edifício UN também não foi computado por insuficiência de dados no projeto arquitetônico. a área total construída apresentada em projeto não era a real. Foi retido o edifício CV por apresentar valores mensais atípicos, razão ainda não identificada., e os Edifícios WM, TO, IB e CJ por apresentarem uma baixa ocupação e consumos atípicos .

As médias referidas, os dados reais de ocupação e área construída total, inclusive área de garagem, foram de 6,7 kWh/m<sup>2</sup> para os tipos "pesados", 7,4 kWh/m<sup>2</sup> para os "médios", 10,9 kWh/m<sup>2</sup> para os "envidraçados" e 7,0 kWh/m<sup>2</sup> para os "protegidos", apresentados na Tabela 4. Ao excluir-se as áreas de garagem, as médias obtidas aumentaram. Considerando-se o consumo simulado para ocupação total, os dados médios obtidos para o consumo de energia, incluindo-se e excluindo-se as áreas de garagem, encontram-se na tabela abaixo.

**TABELA 4. Média do consumo por tipologia.**

Tipologias	Consumo real /m2 com garagem (kWh/m2)	Consumo real /m2 sem garagem (kWh/m2)	Consumo simulado /m2 com garagem (kWh/m2)	Consumo simulado /m2 sem garagem (kWh/m2)
Pesada	6,7	8,0	8,1	9,7
Média	7,4	8,6	9,1	10,5
Envidraçada	10,9	12,1	14,8	16,7
Protegido	7,0	8,0	8,1	9,1

Os dados indicam uma maior aproximação entre os valores médios do consumo de energia das edificações de tipologia "pesada" e "protegida", sendo estes também os valores mais baixos de consumo energético, embora pode se observar uma grande faixa de variação em todas as categorias, especialmente na dos "envidraçados". Isto deve decorrer da interferência de outros fatores como, por exemplo, da orientação das fachadas. As edificações "envidraçadas" apresentam o desempenho energético mais baixo, enquanto que as "pesadas" e as "protegidas" apresentam os melhores desempenhos energéticos. Comparando-se todos os casos acima apresentados, verifica-se que os valores médios de consumo energético das edificações "envidraçadas" estão na ordem de 50% acima das demais médias.

Nas edificações parcial ou, principalmente, as totalmente "protegidas", os elementos de fachada servem de barreira à absorção e transmissão da radiação solar direta e difusa, reduzindo a potência do sistema de condicionamento de ar, embora elevem, por outro lado, a carga necessária para a iluminação artificial permanente, resultando, como demonstra esta pesquisa, em edificações com, relativamente, os mais baixos consumos de energia por unidade de área, compatíveis com edificações de tipologia "pesada" e com menores áreas envidraçadas.

Uma outra constatação que reforça a relação do clima com a arquitetura, observados nos dados dispostos na Tabela 2, diz respeito a correspondência entre os meses de menor consumo - julho e agosto - e o mês de maior consumo - fevereiro - com os meses que apresentam valores de temperaturas (média compensada, média das máximas e médias das mínimas) mais baixos e mais altos, respectivamente, segundo as Normais Climatológicas de Salvador para um período de 50 anos (INMET, 1981).

## CONCLUSÃO

A análise dos dados aponta a tendência da correlação entre tipologia e consumo energético, embora os usos das unidades devam ser considerados, uma vez que podem mascarar esta correlação, caso não sejam devidamente identificados. Também verifica-se a tendência das edificações envidraçadas terem um desempenho energético relativamente mais baixo, onde seus valores médios são em torno de 50% mais elevados que as média das demais edificações. A confirmação desta tendência, se mantida em etapas posteriores, deverá repercutir em mudanças na arquitetura de edificações de grandes panos de vidro, ainda muito empregada.

Ressalta-se que esta constatação não inclui resultados da avaliação do conforto ambiental da edificação - que será realizado em etapa posterior - e que, certamente, deve ser o balizador do grau de eficiência de uma edificação, uma vez que não se objetiva a construção de edificações patológicas. Entende-se que o objetivo da conservação de energia deve ser convergente com a qualidade do ambiente construído, ou seja, tanto não deve haver comprometimento do conforto ambiental em função do menor consumo energético, como também o conforto ambiental não deve implicar em maior consumo de energia.

## AGRADECIMENTOS

FAPEX - Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão: apoio financeiro;  
SUCOM/Prefeitura Municipal de Salvador: fornecimento de informações;  
Geider Marques, eng. COELBA: apoio institucional;  
Jacira Dantas Bastos, eletrotécnica COELBA: apoio técnico;  
Andréa Viana - fotógrafa: fotografias das edificações;  
Jacinto Geral Guerra e Alfredo H. Caldas de Souza: estagiários

## REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CESP, ELETROPAULO, CPFL, CONGÁS). *Boletim de Informação sobre o Uso Racional de Energia*. São Paulo, a.7, n.30,1994.
2. INCIDÊNCIAS DAS VARIÁVEIS, PROJETIVAS E DE CONSTRUÇÃO NO CONSUMO, ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS/ [coordenadores] Juan Mascaró, Lúcia Mascaró. Porto Alegre, Sagra, DC Luzzatto, 1992.
3. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Normais Climatológicas de Salvador*, período 1931-1981.
4. MASCARÓ, Lucia. *Energia na Edificação: Estratégias para minimizar seu consumo*. São Paulo, Projeto, 1985.
5. ROMERO, M. *Consumo de energia em escritório de arquitetura: um balanço da situação no Município de São Paulo*. São Paulo, USP, s/d. (mimeo)