

DEMANDA DE ENERGIA RESIDENCIAL NO BRASIL

*M. Arouca
F. Magalhães Gomes
L. Pinguelli Rosa**

INTRODUÇÃO

O consumo de energia residencial apresenta, por um lado, uma característica de trivialidade inerente à pequena variedade e à simplicidade dos usos da energia nesse setor: cozimento de alimentos, aquecimento de água, iluminação, aparelhos elétricos e eletrônicos domésticos. Entre estes últimos convém destacar os aparelhos de ar refrigerado pela especificidade de sua função e pelo alto consumo de energia elétrica. Podemos acrescentar, nas grandes cidades, os equipamentos elétricos de porte médio usados nos condomínios, como os elevadores, e, no sul do País, o aquecimento ambiental. Este último é muito restrito no Brasil, em contraste com os países desenvolvidos de clima frio, nos quais cerca da metade da energia residencial destina-se a esse fim.

Pelo aspecto diversidade e usos da energia, o setor residencial contrasta com a enorme variedade e complexidade do setor industrial. Além disso, o setor industrial no

Brasil é bastante semelhante ao dos países dos quais importa a tecnologia industrial, o que permite, neste caso, dentro de certos limites, o uso de modelos de análise energética desenvolvidos naqueles países. O mesmo não ocorre com o setor residencial.

A estrutura do consumo de energia residencial retrata sob muitos aspectos a enorme desigualdade social e econômica e a heterogeneidade regional do País, o que torna seu estudo útil para a constatação dessa realidade em seus múltiplos detalhes. Para esse fim é necessário desagregar e analisar o consumo de energia por classes de renda, por usos e por regiões, o que não é simples em face da ausência de dados estatísticos em quantidade e qualidade sobre o setor energético. Caso se processem no Brasil transformações econômicas e sociais que modifiquem profundamente a realidade atual, certamente haverá repercussões na estrutura do consumo de energia, que convém prever dentro dos limites e das incertezas do instrumental teórico disponível.

O objetivo deste trabalho é estudar a demanda de energia no setor residencial no Brasil, discutindo a metodologia para a aná-

* Do COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

lise e determinação dessa demanda e procurando reunir elementos, a partir dos trabalhos existentes e de algumas idéias aqui sugeridas, para elaborar um método adequado às características brasileiras. Esse método, a nosso ver, deve ter em conta:

- a. as enormes disparidades econômicas e sociais do País,
- b. a possibilidade de profundas mudanças nessa realidade,
- c. a carência de dados estatísticos.

O item a. significa que é necessário procurar dados desagregados convenientemente, e fazer sua análise, de modo a fazer transparecer a realidade social e regional do País. O item b. implica na possibilidade de realizar previsões da demanda de energia no futuro, em função de diferentes padrões de consumo e de distribuição da riqueza. Finalmente, o item c. limita o método e os modelos que com ele forem construídos, em função dos dados disponíveis sobre a estrutura energética do País, de modo a minimizar hipóteses duvidosas e o uso de coeficientes técnicos trazidos de outros países, nem sempre aplicáveis no nosso.

Estaremos limitados, aqui, a uma análise dos estudos e modelos de demanda de energia residencial concernentes ao caso do Brasil, dirigindo maior atenção à utilização de combustíveis.

Na seção 2 fornecemos um panorama da situação do consumo de energia no setor residencial, discriminando as diversas formas de energia final, estabelecendo correspondência destas com seus usos domésticos mais comuns, e considerando as eficiências desses usos para obter a energia útil. Ressaltamos dois pontos: a predominância da lenha, ainda o combustível residencial mais usado no País, utilizada principalmente nas zonas não urbanas, com baixíssima eficiência; o consumo crescente do GLP (gás liquefeito de petróleo), que pode tornar-se crítico em caso de crise de abastecimento de petróleo.

Na última seção deste trabalho tratamos dos estudos feitos no Brasil sobre a demanda de energia residencial, descrevendo sucintamente as metodologias neles adotadas. Damos, em seguida, o mesmo tratamento

para outros dois modelos, um francês e outro norte-americano, e ficam evidentes, assim, algumas discrepâncias entre coeficientes técnicos, muitas vezes utilizados indiscriminadamente, sem ter ficado clara sua validade em cada aplicação. Finalmente, comparamos os resultados obtidos com diferentes metodologias, para o caso do consumo específico de combustíveis domésticos por famílias de diferentes classes de renda ou de despesa, o que retrata a enorme desigualdade econômico-social do País. Concluimos que há algumas discrepâncias que devem ser esclarecidas e apresentamos algumas considerações críticas a respeito.

1. ENERGIA FINAL E SEUS USOS RESIDENCIAIS NO BRASIL

As formas usuais de energia final para fins domésticos no Brasil são o gás liquefeito de petróleo, o gás de nafta, o carvão vegetal e a lenha, o querosene iluminante e a eletricidade. São derivados do petróleo o GLP, o gás de nafta e o querosene. Excluindo a eletricidade, isto é, considerando apenas os combustíveis, a quase totalidade da demanda de energia residencial se reparte entre o GLP e a lenha.

O GLP representava, em 1977, 10,6% do consumo de combustível residencial e a lenha, nada menos do que 86,3%. Esses números exibem uma distorção, pois a eficiência do uso do GLP é de 45% enquanto a da lenha é tipicamente da ordem de 10%. Levando em conta as eficiências, isto é, em termos de energia útil, as participações do GLP e da lenha em 1977 foram respectivamente de 32% e de 58% sobre o total dos combustíveis de uso residencial. Como em 1970 esses percentuais eram de 24% para o GLP e de 66,6% para a lenha, fica evidente um forte crescimento do primeiro e um declínio deste último combustível⁽¹⁾.

Devemos observar que os dados relativos

(1) Dados extraídos de OLIVEIRA, A., LIZARDO DE ARAÚJO, J. & PINGUELLI ROSA, L. *Energia no Brasil nos Próximos 20 anos*, COPPE, 1980.

à lenha são muito incertos, embora não se duvide de que sua participação no consumo de combustível residencial ainda é muito alta. O gás de nafta tem seu uso restrito ao Rio de Janeiro e a São Paulo, onde há redes para distribuição de gás encanado, anteriormente produzido a partir de carvão mineral; sua participação é pequena — cerca de 2,5% da energia útil de combustíveis residenciais em 1977. O querosene iluminante persiste principalmente em zonas não urbanas, onde não há eletrificação, e representava cerca de 6% da energia útil de combustíveis residenciais em 1977.

O consumo de energia elétrica no setor residencial tem crescido em números absolutos e relativos; passou de 36,7% em 1970 para 47,7% da energia útil total de uso doméstico, em 1977 (ver tabela 1.2). Esses números fo-

ram calculados levando em conta o equivalente em combustível (energia primária) para gerar eletricidade com um rendimento termodinâmico típico das centrais termoelétricas. Tal convenção de cálculo é usada para converter, em uma mesma unidade de medida, a energia elétrica e a dos combustíveis, a fim de adicioná-las e compará-las entre si, embora seja duvidosa a propriedade desse procedimento. No Brasil, onde a geração é predominantemente hidroelétrica, esse procedimento de cálculo é discutível e amplia a participação da energia elétrica por um fator aproximadamente igual a 3. Nós o utilizamos por ser adotado no Balanço Energético Nacional⁽²⁾.

(2) Balanço Energético Nacional de 1979, MME.

TABELA 1.1
CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA ÚTIL NO BRASIL (10³ TEP)

ANO	GLP		LENHA		QUEROSENE		CARVÃO VEGETAL		GÁS MANUFATURADO		COMBUSTÍVEIS		ELETRICIDADE		TOTAL GERAL	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
1967	980	441	16300	1630	465	163	100	15	80	40	17925	2289	4030	1104	21925	3393
1970	1280	576	16000	1600	450	157	119	18	100	50	17949	2401	5070	1389	23019	3790
1975	1870	841	16428	1643	465	163	145	22	135	67	19043	2736	8750	2398	27793	5134
1977	2180	981	17752	1775	531	186	149	22	150	75	20762	3039	10850	2773	31612	5812
RENDIMENTO	45%		10%		55%		15%		50%		—		27,4%		—	

(1) Consumo de Energia

(2) Consumo de Energia Útil

Fonte: OLIVEIRA, A., LIZARDO DE ARAÚJO, J.R. & PINGUELLI ROSA, L. *Cenário Energético para o Brasil*, COPPE, 1979.

A energia elétrica tem dois papéis distintos no consumo residencial. No primeiro, para iluminação e para os aparelhos elétricos e eletrônicos, como geladeiras, rádios, televisores etc., ela é insubstituível; nesses usos não é prático sequer falar em energia útil, dada a dificuldade em defini-la — é preferível empregar um coeficiente de utilização média para calcular diretamente a energia final a partir da potência do equipa-

mento. Já para aquecimento de água ou para cozimento de alimentos, o outro papel, a energia elétrica compete com os combustíveis — GLP e gás de nafta em particular — e é necessário usar a eficiência do equipamento para calcular a energia final a partir da energia útil. O uso da eletricidade é mais eficiente do que o dos combustíveis: nos motores elétricos o rendimento chega a 95%, ou mais em alguns casos, enquanto que os mo-

TABELA 1.2
ESTRUTURA DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA ÚTIL NO BRASIL (%)

ANO	GLP	LENHA	QUEROSENE ILUMINANTE	CARVÃO VEGETAL	GÁS MANUFATURADO	TOTAL COMBUSTÍVEIS	ELETRICIDADE	TOTAL GERAL
1967	13,0	48,0	4,8	0,4	1,2	67,4	32,6	100
1970	15,2	42,2	4,1	0,5	1,3	63,3	36,7	100
1975	16,4	32,0	3,2	0,4	1,3	53,3	46,7	100
1977	16,9	30,5	3,2	0,4	1,3	52,3	47,7	100

Fonte: Idem tabela 1.1.

tores térmicos têm seu rendimento limitado pelo do Ciclo de Carnot e dependem das temperaturas das fontes quente e fria; no aquecimento de água, a eficiência da eletricidade atinge também rendimentos superiores ao dos combustíveis.

No Brasil, apenas cerca de 50% dos domi-

cílios são atendidos por energia elétrica — isto significa que cerca da metade da população não consome eletricidade em suas casas. Entretanto, o consumo de energia elétrica por habitante tem subido, passando de 0,015 TEP/hab em 1970 para 0,025 TEP/

TABELA 1.3

CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA ÚTIL PER CAPITA NO BRASIL

ANO	TOTAL COMBUSTÍVEIS (10 ³ TEP)	TOTAL ELETRICIDADE (10 ³ TEP)	TOTAL GERAL (10 ³ TEP)	POPULAÇÃO (10 ⁶)	COMBUSTÍVEIS PER CAPITA (TEP/hab)	ELETRICIDADE PER CAPITA (TEP/hab)	ENERGIA ÚTIL PER CAPITA (TEP/hab)
1967	2.289	1.104	3.393	85,7	0,027	0,013	0,040
1970	2.401	1.389	3.790	93,4	0,026	0,015	0,041
1975	2.737	2.398	5.134	107,7	0,025	0,022	0,047
1977	3.039	2.773	5.812	113,2	0,026	0,025	0,051

Fonte: Idem tabela 1.1.

hab em 1977⁽³⁾, enquanto o consumo de energia útil de combustíveis por habitante pouco se alterou nesse período, mantendo-se em torno de 0,026 TEP/hab (ver tabela 1.3).

As alternativas viáveis de fontes de energia para o setor residencial são o gás natural, o gás de carvão, o biogás e a energia solar. Enquanto os três primeiros podem ser usados como combustível doméstico para cozinhar e/ou aquecer água, a energia solar provavelmente tende a ser utilizada exclusivamente para este último fim.

2. ESTUDOS E MODELOS DE DEMANDA RESIDENCIAL

Estudos realizados no Brasil

Diversos estudos têm sido feitos, no Brasil, sobre esse assunto, recentemente. Não se defem, contudo, no consumo de energia direta do setor residencial como um todo, como o fazemos aqui.

As empresas de energia elétrica têm estu-

dos interessantes sobre seus mercados⁽⁴⁾, mas restritos à eletricidade e às regiões que atendem.

Outros trabalhos de âmbito mais geral foram desenvolvidos pelo Grupo do Instituto de Física da USP, focalizando o consumo de energia por famílias das diversas classes de renda no País, e analisando os padrões de consumo de energia das áreas rural, urbana e metropolitana e das favelas de São Paulo⁽⁵⁾. O primeiro desses estudos (VANIN *et alii*. *Padrões de Consumo de Energia no Brasil*) baseou-se na matriz energética de 1970 e na matriz insumo-produto, estabelecendo equivalência entre cruzeiros e unidades de ener-

(3) OLIVEIRA, A. *et alii*. *Energia no Brasil*

(4) Por exemplo: ELETROBRÁS. *Projeções de Mercado 1980/85*. Diretoria de Planejamento Empresarial, maio 1980; ELETROBRÁS. DEMA. *Pesquisa de Eletrodoméstico*, 1980. Sobre o assunto ver também: ARAÚJO, Hildete de. *O Setor de Energia Elétrica e a Evolução Recente do Capitalismo no Brasil*, 1980. (Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ).

(5) São, respectivamente, os estudos de VANIN *et alii*. *Padrões de Consumo de Energia no Brasil* e *Padrões de Consumo de Energia no Estado de São Paulo* e de DROICH, M. *et alii*. *Consumo Familiar de Energia nas Favelas de São Paulo*.

gia para calcular o conteúdo energético dos diversos produtos e, através desses dados, chegar ao consumo de energia por famílias de classes de renda. No segundo (VANIN *et alii. Padrões de Consumo de Energia no Est. de São Paulo*) foi utilizada essencialmente a estrutura de dados de despesa familiar do ENDEF do IBGE⁽⁶⁾. Destes trabalhos obtém-se o consumo de energia familiar, incluindo a energia direta — que representa a energia residencial, analisada por nós aqui, mais a energia consumida no transporte das pessoas — e a energia indireta — embutida nos produtos que são consumidos.

A demanda residencial de energia foi analisada, em alguns pormenores, em estudo de cenários energéticos publicado pela COPPE⁽⁷⁾, que utilizou um modelo elaborado a partir de seminário do qual participaram especialistas de universidades, empresas e órgãos governamentais do setor energético e que teve por base o Modelo de Bariloche⁽⁸⁾. Nesta linha, o Grupo Interdisciplinar de Energia da COPPE continuou a trabalhar, considerando também as metodologias dos Modelos MEDEE⁽⁹⁾ e de Brookhaven⁽¹⁰⁾. Há dois grupos, um na CESP e outro no FDTE, ambos de São Paulo, portanto, aplicando diretamente o MEDEE II ao caso brasileiro⁽¹¹⁾.

O Modelo de Bariloche/COPPE foi uma primeira tentativa de elaborar um método adaptado ao caso brasileiro. Para demanda

residencial, em primeiro lugar determina-se no modelo o consumo de "derivados energéticos" nesse setor, utilizando dados escolhidos da série histórica. Em seguida, utilizando coeficientes técnicos de rendimentos médios do uso de cada derivado, determina-se a energia útil consumida nos anos passados, e calcula-se o consumo de energia útil por habitante⁽¹²⁾. Esse consumo é projetado para o futuro, calculando-se então a energia útil total residencial a partir das projeções da energia útil *per capita* e do crescimento demográfico. Estipula-se uma evolução para a composição de derivados energéticos no consumo residencial⁽¹³⁾ e, com base nos coeficientes médios de rendimento, calcula-se o consumo de energia final.

O modelo francês e o norte-americano

O Modelo MEDEE é bastante complexo. Nele, três fatores são considerados como determinantes da evolução da demanda de energia: o desenvolvimento do padrão de vida social (hábitos de consumo), o desenvolvimento técnico (modificações das tecnologias existentes e criação de novas) e a evolução dos preços da energia (influindo na escolha da tecnologia e na forma de energia usada para cada finalidade).

(6) IBGE. Estudo Nacional da Despesa Familiar. *Despesas das Famílias*, 1978.

(7) OLIVEIRA, A. *et alii. Cenários Energéticos para o Brasil*, 1979.

(8) FUNDACION BARILOCHE. *Alternativas de Planejamento Energético Argentino*, 1976.

(9) CHATEAU, B. & LAPILLONNE, B. *Essai de Prévion de la Demande d'Énergie en France a l'an 2000*, 1978.

(10) SOURCEBOOK FOR ENERGY ASSESSMENT, 1975.

(11) Para ambos, há resultados preliminares, ainda não publicados.

(12) Os coeficientes usados foram 45% GLP; 50% gás de rua; 55% querosene; 15% carvão vegetal; 10% lenha. Para eletricidade foi usado coeficiente convencional de 27,5%, para corrigir o valor da energia elétrica em toneladas equivalentes de petróleo (TEP); esse valor, por convenção, leva em conta o rendimento das usinas térmicas virtuais, que gerariam eletricidade caso se usasse o petróleo para isso.

(13) Essa composição em 1977 foi estimada em: 6,9% GLP; 56,1% lenha; 1,7% querosene; 0,5% carvão vegetal; 0,5% gás de rua; 34,3% eletricidade.

As projeções para o setor residencial são feitas a partir da demanda de energia útil para cada uso, obtendo-se a energia final, consideradas as eficiências das diversas técnicas, que podem variar com o tempo. No caso da energia elétrica, quando não usada para gerar calor, obtém-se diretamente a energia final, como nos referimos anteriormente, na seção 1 deste trabalho.

São relacionadas no modelo as diversas formas de energia final disponíveis, e postas em correspondência com as categorias de uso a que se podem destinar (calor ambiental, cozinha etc.), sendo levados em conta, simultaneamente, fatores geográficos capazes de influenciar o consumo de energia. A maior ênfase é dada ao calor ambiental, para o qual a análise é extremamente detalhada (mas de pouco interesse para o caso do Brasil). Há várias versões do modelo, com diversos níveis de pormenorização; isto visa a considerar a diferenciação do consumo de energia por classes de renda etc. Para cozinhar é adotado um coeficiente médio de 10^6 Kcal (útil) por ano por família para todos os grupos de renda familiar. Em uma aplicação do modelo ao caso da França, a energia para aquecimento de água é projetada segundo três coeficientes de consumo, conforme a renda: para a classe de renda maior o consumo por pessoa é 100% do consumo para cozinhar, decrescendo para 70% e 30% nas classes intermediária e inferior, respectivamente.

O consumo de energia elétrica é obtido a partir do crescimento do número de equipamentos eletrodomésticos, considerando-se para cada equipamento duas fases: uma de crescimento rápido até atingir a saturação, e outra, de consecutiva diminuição progressiva dessa taxa de crescimento. O consumo adicional de energia elétrica devido às novas espécies de aparelhos e às novas características técnicas é incluído dentro de uma margem de segurança estimada.

Na parte que estuda a energia para fins residenciais, o Modelo de Brookhaven também dá a máxima ênfase ao aquecimento ambiental. No cálculo da energia para cozinhar são utilizados diferentes coeficientes de consumo por domicílio ϵ_i , de acordo com a eficiência η_i da forma de energia final i , cuja participação percentual α_i é determinada. Os valores ϵ_i , η_i e α_i para as formas de energia final mais usadas para cozinhar nos Estados Unidos são dados na tabela 2.1A. No caso dos eletrodomésticos, as projeções são acrescidas de uma parcela "fantasma" para considerar a incorporação de aparelhos com usos hoje inexistentes, atitude equivalente ao do MEDEE quando adiciona uma margem de segurança.

Foi feita uma aplicação do Modelo de Brookhaven aos EUA, dividindo o país em regiões. Para um domicílio típico norte-americano foi a seguinte a composição do consumo de energia: calor ambiental — 56%; ar condicionado — 16%; água quente e cozinha — 18% e eletrodomésticos — 10%.

TABELA 2.1A

CONSUMO DE ENERGIA RESIDENCIAL NOS EUA PARA COZINHAR

FONTE	EFICIÊNCIA η_i	PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL α_i	CONSUMO POR RESIDÊNCIA ϵ_i
Metano	0,38	47%	$2,37 \times 10^6$ Kcal
GLP	0,39	10%	$2,30 \times 10^6$ Kcal
Elettricidade	1,00	43%	$0,89 \times 10^6$ Kcal

Para os eletrodomésticos, 30% da energia são gastos com refrigeradores, 20% com iluminação e 50% com outros usos.

A tabela 2.1B dá a energia útil e os ren-

dimentos para cozinhar e aquecer água com gás e eletricidade segundo o Modelo MEDEE. Como se vê, há grandes diferenças entre os rendimentos da tabela 2.1A e os

da tabela 2.1B. Quanto à eletricidade, essa diferença é em parte explicada pelas perdas

da distribuição (15%) consideradas em 2.1B. De qualquer modo, há discrepâncias significativas.

TABELA 2.1B
ENERGIA RESIDENCIAL NA FRANÇA

FINALIDADE	COZINHA	ÁGUA QUENTE
<i>Energia útil</i>	Kcal/família/ano	Kcal/pessoa/ano
Renda Inferior	$1,0 \times 10^6$	$0,5 \times 10^6$
Renda Intermediária	$1,0 \times 10^6$	$0,7 \times 10^6$
Renda Superior	$1,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$
<i>Eficiência</i>	percent.	percent.
Gás	65%	75%
Eletricidade	65%	85%

Fonte: CHATEAU, N. & LAPILLONNE, B. *Essai de Prévission de la Demande d'Énergie en France*.

Críticas e comparação de alguns resultados

Inúmeras críticas podem ser feitas às metodologias empregadas nos trabalhos citados nas seções anteriores, com referência à projeção da demanda de energia no setor residencial no Brasil, sem desprezar os aspectos positivos que podem ser incorporados em estudos futuros. O modelo francês e o norte-americano, vistos aqui, concentram a maior parte dos seus esforços — no setor residencial — na análise do aquecimento ambiental, que atinge 56% do consumo de energia residencial nos Estados Unidos. No Brasil, hoje, o consumo de energia para aquecimento ambiental não é significativo, embora possa crescer nos estados do sul. O MEDEE permite maior flexibilidade para análise da estrutura do consumo no módulo residencial, ao considerar a diferenciação por faixas de renda da população. Os coeficientes técnicos embutidos nesses modelos devem ser criticados criteriosamente quando se tem em vista o caso brasileiro. Além disso, há dificuldade de aplicá-los com a estrutura de dados estatísticos disponíveis no Brasil, obrigando à extrapolação de dados de outros países, ou à geração de dados hipotéticos. Entretanto, o uso desses modelos pode fornecer resultados úteis para serem cotados entre si ou com os de outros estudos.

A metodologia de Bariloche/COPPE é de-

masiadamente simplificada ao definir um coeficiente médio de consumo de energia útil por habitante, sem distinguir classes de renda nem regiões. A definição dos coeficientes de energia útil *per capita* para eletricidade e combustíveis em separado foi interessante ao mostrar claramente que o primeiro aumenta bastante enquanto o segundo pouco varia. Mas, a análise por classe de renda e por usos é essencial. Essa análise foi feita no estudo que tomou por base dados da Matriz Energética de 1970 (VANIN *et alii*. *Padrões de Consumo de Energia no Brasil*), indicando uma enorme disparidade no consumo residencial de energia e de combustíveis, em particular. Conforme analisaremos na seção seguinte, a disparidade entre o consumo de combustível por família da classe de renda superior e o mesmo consumo por família da classe de renda inferior calculado nesse estudo parece ser exagerada, quando comparamos esse resultado com números calculados de outra maneira e aqui mostrados. Talvez isto se deva à imprecisão dos dados da Matriz Energética. Os outros estudos referidos são restritos a casos específicos, como o consumo de eletricidade ou o de energia no Estado de São Paulo, e são subsídios importantes para estudos mais globais.

Não é fácil a decisão de optar por uma certa divisão de grupo de renda familiar,

porque há diferentes fontes de dados complementares utilizando diferentes critérios de classificação. Na Matriz Energética, elaborada com dados do censo de 1970, há 4 grupos de renda familiar para o País: 1 — 0 a 2 salários mínimos; 2 — 2 a 5; 3 — 5 a 10 e 4 — mais de 10 salários mínimos. O ENDEF/IBGE analisa dados de 1974, dividindo as famílias em 9 grupos de despesa familiar, que no caso das áreas metropolitana e urbana de São Paulo são: 1 — menos de 2 salários mínimos; 2 — 2 a 3,5; 3 — 3,5 a 5; 4 — 5 a 7; 5 — 7 a 10; 6 — 10 a 15; 7 — 15 a 20; 8 — 20 a 30; 9 — mais de 30. Para outras áreas e regiões essa escala é

modificada. No ENDEF são consideradas despesas monetárias e despesas não monetárias familiares.

De acordo com os dados do estudo baseado na Matriz Energética de 1970, podemos calcular o consumo de energia útil por família dos 4 grupos de renda de 1970. O percentual da população em cada grupo de renda e o consumo de energia útil dos combustíveis (GLP, gás encanado, lenha e carvão vegetal) são indicados na tabela 2.2, que também mostra o consumo por família, calculado supondo um número médio de 5 pessoas por família em todos os grupos.

TABELA 2.2
ENERGIA ÚTIL DOS COMBUSTÍVEIS DE USO RESIDENCIAL NO BRASIL EM 1970

GRUPO	RENDA EM SALÁRIOS	PERCENTUAL DA POPULAÇÃO	ENERGIA ÚTIL (combustível por habitante) (10 ³ Kcal/hab)	ENERGIA ÚTIL (combustível por família) (10 ⁶ Kcal/família)
1	0 a 2	66%	108	0,54
2	2 a 5	22%	211	1,0
3	5 a 10	8%	291	1,5
4	mais de 10	4%	612	3,0

O detalhamento do cálculo da energia útil e a especificação da participação de cada combustível no consumo residencial, bem como os coeficientes de rendimento usados, são dados na tabela 2.3, calcada na energia final obtida no trabalho de VANIN *et alii*. *Padrões de Energia no Brasil*. Nesta tabela estão incluídos a eletricidade, apenas como energia final, e o querosene, que não foi computado entre os combustíveis, posto que o interesse maior, aqui, refere-se aos usos para cozinhar e, secundariamente, aquecer água. Não foi computado também como combustível o óleo combustível constante do mesmo trabalho citado, pois não foi identificado o uso doméstico correspondente.

Esses resultados, calculados a partir dos dados desse trabalho citado de VANIN *et alii*, podem ser criticados quando comparados a outros cálculos. Com base no estudo de CHATEAU, B. & LAPILLONNE, B.⁽¹⁴⁾.

a energia útil para cozinhar na França é de cerca de 1 milhão de Kcal/família/ano. Nos Estados Unidos, segundo a tabela 2.1, esse número é 890 mil Kcal/família/ano⁽¹⁵⁾. Assim, o valor da energia útil de combustível de uso residencial no Brasil, obtido para a classe 4 a partir dos dados do trabalho de VANIN *et alii* (3 milhões de Kcal/família/ano) é cerca do triplo do valor da energia útil considerada nos Estados Unidos e na França. Provavelmente, a maior parte da energia residencial dos combustíveis é para cozinhar, pois é pouco comum o uso do aquecedor a GLP e o gás de rua é restrito, sendo mais usual o uso do chuveiro elétrico. Na classe 4 provavelmente o consumo de energia residencial para aquecimento de água é maior, justificando em parte o alto valor da energia útil por família encontrado.

Outra comparação pode ser feita, toman-

(14) *Op. cit.*

(15) Brookhaven. Esse número foi tomado usando o rendimento do fogão elétrico igual a 1. (Ver tabela 2.1A.)

TABELA 2.3
DETALHAMENTO DA DETERMINAÇÃO DA ENERGIA ÚTIL DE COMBUSTÍVEIS DE USO RESIDENCIAL
POR HABITANTE NO BRASIL EM 1970

Faixa de Renda Familiar % da População	1 – 0 a 2 sal. min. 66%			2 – 2 a 5 sal. min. 22%			3 – 5 a 10 sal. min. 8%			4 – > 10 sal. min. 4%		
	62375 x 10 ³			20791 x 10 ³			7560 x 10 ³			3780 x 10 ³		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Energia												
Gás de Rua	0,47	7,5	3,3	0,59	28,13	12,65	0,59	78,04	35,12	0,59	156,08	70,23
GLP	7,29	116,8	52,2	7,06	339,57	152,80	3,52	465,60	209,52	4,23	119,04	503,56
Carvão Vegetal	2,59	41,5	6,2	0,47	22,60	3,39	0,23	30,42	4,56	0,15	39,68	5,9
Lenha	19,30	309,4	46,4	5,88	282,81	42,42	2,11	279,10	41,86	0,83	216,93	32,53
SubTotal 1												
COMBUSTÍVEIS PARA COZINHAR E AQUECER ÁGUA	29,65	475,2	108,1	14,00	673,11	211,26	6,54	853,16	291,06	5,79	1531,73	612,23
Elettricidade	11,50	184,8	–	12,47	599,77	–	7,29	964,28	–	6,82	1804,23	–
Querosene	1,76	28,2	–	0,59	28,37	–	0,23	30,42	–	0,15	39,68	–
Energia Residencial Total		688,2			1301,53			1847,85			3375,64	

LEGENDA: A = Consumo Total (Kcal x 10¹²)
B = Consumo per capita (Kcal/hab x 10³)
C = Energia Útil per capita (Kcal/hab x 10³)
B = A/N
C = Bη
η = eficiência
N = Número de Pessoas

OBS: O consumo total (A) é dado no trabalho de VANIN, V.R. et alii. *Padrões de Consumo de Energia no Brasil*.

do por base o volume do gás de rua consumido por uma família típica da classe 4, com 5 pessoas e que só possui fogão a gás (o aquecedor de água é elétrico). Esse consumo mensal é de cerca de 50 m³, o que, com um poder calorífico de 3.700 Kcal/m³ e uma eficiência de 45%, dá também cerca de 1 milhão de Kcal por família/ano de energia útil. Para uma família idêntica, que pos-

sua, além de fogão, aquecedor de água a gás, esse consumo sobe a cerca de 80 m³, correspondendo a 1,6 milhões de Kcal/família/ano. A tabela 2.4 dá o consumo de gás de rua nos diversos bairros do Rio de Janeiro, mostrando a variação dos bairros mais ricos, de classe média superior (Lagoa, Barra da Tijuca) para os bairros modestos de classe média que possuem gás (Meier, Ramos).

TABELA 2.4

CONSUMO DE GÁS (CEG) NO SETOR RESIDENCIAL NO MÊS DE SETEMBRO DE 1980 POR REGIÃO ADMINISTRATIVA (RIO DE JANEIRO)

Bairro	Número de Consumidores	(M ³) Consumo	Consumo Específico m ³ /Residência
Zona Portuária	2.274	90.420	40
Zona Central	10.447	535.854	51
Rio Comprido	12.385	609.854	49
Botafogo	67.589	4.109.114	61
Copacabana	66.504	4.405.422	66
Lagoa — Leblon Ipanema	48.932	3.466.215	71
São Cristóvão	8.392	374.626	45
Tijuca	47.591	2.684.968	56
Vila Isabel	41.277	2.093.029	51
Ramos	2.059	85.150	41
Meier	25.813	1.148.891	45
Engenho Novo	32.316	1.542.431	48
Madureira	4.027	177.545	44
Jacarepaguá	4.210	371.693	88
Santa Tereza	9.089	456.196	50
Barra da Tijuca	1.093	107.585	98
Ilha do Governador	1.492	62.472	42
Anchieta	2.090	92.273	44

Essas comparações indicam que o cálculo de consumo de cerca de 3 milhões de Kcal/família/ano de energia útil de combustíveis de uso doméstico, na classe de renda maior do que 10 salários mínimos, está, provavelmente, exagerado. Além disso, há também indicações de que a relação de cerca de 6 para 1 encontrada nos mesmos cálculos entre o consumo de energia útil de combustível residencial da classe de renda superior e o da classe de renda infe-

rior pode estar superdimensionada.

Para o Estado de São Paulo, o consumo de energia para cozinhar, por família das diferentes classes de renda, foi calculado no outro trabalho de VANIN *et alii* (*Padrões de Consumo de Energia no Estado de São Paulo*), com a utilização dos dados do ENDEF para a despesa familiar com alimentação, sendo considerados apenas os alimentos que necessitam de cocção: cereais e derivados, tubérculos, raízes e similares, legumi-

nosas e oleoginosas, legumes, carnes e pescados. Os resultados para as regiões metropolitana e urbana são mostrados na tabela 2.5, na qual se pode notar que o consumo de energia final direta com alimentação é da ordem de 2,8 milhões de calorias na classe de despesa familiar maior do que 30 salários mínimos na Região Metropolitana de São Paulo. Na região urbana não metropolitana esse valor passa a ser 4 milhões de calorias por família/ano. Essa energia direta com alimentação corresponde es-

sencialmente à energia para cozinhar. Aplicando-se um rendimento médio de 45%, a energia útil para cozinhar é no máximo de 1,27 milhões de calorias por família/ano na região metropolitana. Nota-se ainda a relação entre o consumo de energia para cozinhar na classe de despesas mais alta e na classe de despesa mais baixa: está entre 2 e 3 em ambos os casos. O baixo valor dessa relação pode ser explicado pelas características particulares de São Paulo.

TABELA 2.5

ENERGIA DIRETA PARA ALIMENTAÇÃO POR CLASSE DE DESPESA FAMILIAR
GLOBAL EM SÃO PAULO EM 1974 (10^3 Kcal)

Faixa de despesa global familiar	Região Metropolitana	Região Urbana Não Metropolitana
0 a 2 salários mínimos	1017	1830
2 a 3,5	1388	2132
3,5 a 5	1730	2599
5 a 7	1916	2848
7 a 10	2195	2929
10 a 15	2301	3535
15 a 20	2267	3278
20 a 30	2500	3915
Mais de 30	2828	4013

Fonte: VANIN et alii. *Padrões de Consumo de Energia no Estado de São Paulo*.

Concluimos que a questão do consumo residencial de energia no Brasil permanece aberta a estudos, os quais devem ter por objetivo, entre outros, dar uma descrição unificada e consistente do quadro atual, de modo a permitir avaliar as perspectivas

futuras. Estamos há algum tempo trabalhando para construir uma metodologia que venha a contribuir neste sentido, já tendo obtido alguns resultados preliminares que devemos publicar proximamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHATEAU, B & LAPILLONNE, B. *Essai de Prévion de La Demande d'Énergie en France a l'an 2.000*. Grenoble, IEJE, 1978.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional*, 1979.
- BRASIL. IBGE. Estudo Nacional de Despesa Familiar. *Despesas das Famílias*, 1978.
- DROICH, M. & HIGA, T. *Consumo Familiar de Energia nas Favelas de São Paulo*. Instituto de Física/USP, 1980.
- FUNDACION BARILOCHE. *Alternativas de Planejamento Energético Argentino*, 1976.
- OLIVEIRA, A., LIZARDO DE ARAÚJO, J. & PINGUELLI ROSA, L. *Energia no Brasil nos Próximos 20 anos*. COPPE/UFRJ, 1980.

SOURCEBOOK FOR ENERGY ASSESSMENT BNL 50483, 1975.

VANIN, V. R., GRAÇA, Gilena & GOLDEMBERG, J. *Padrões de Consumo de Energia no Brasil*. IFUSP/P209,

1980.

Padrões de Consumo de Energia no Estado de São Paulo. IFUSP/P243, 1980.