

## **Análise de usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**

### *Analysis of electricity end-uses in the Brazilian residential sector*

**Cristiano André Teixeira, Arquiteto e Urbanista, UFSC**

cristiano.andre.teixeira@gmail.com

**Roberto Lamberts, PhD, UFSC**

roberto.lamberts@gmail.com

#### **Resumo**

Este estudo objetivou estimar a proporção do consumo de energia elétrica de usos finais presentes no setor residencial brasileiro. Foi estimado o consumo energético nacional de nove equipamentos a partir de equações que relacionavam os consumos específicos dos equipamentos, ou suas potências, a seus padrões de uso, tendo como base informações extraídas de 18.775 domicílios pesquisados na Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos (PPH). O estudo demonstrou que, nacionalmente, os refrigeradores possuem o maior consumo anual (30,41 TWh), seguidos dos televisores (20,34 TWh), chuveiros (17,89 TWh) e ares-condicionados (17,41 TWh). Porém, entre as regiões, os maiores consumidores variam: os chuveiros são os maiores consumidores no Sul e no Sudeste, no Centro-Oeste e no Nordeste são os refrigeradores, e, no Norte, são os ares-condicionados.

**Palavras-chave:** Energia elétrica; Eficiência energética; Setor residencial

#### **Abstract**

*This study intended to estimate the proportion of electricity end-uses in the Brazilian residential sector. It was estimated the national energy consumption of nine equipments, according to electricity consumption equations that related the specific consumption of the equipments, or their power, to their usage, based on information collected from 18.775 dwellings analyzed in the Electrical Appliances Possession and Usage Habits Research for the Residential Sector (PPH). The study showed that, nationally, refrigerators are the biggest annual consumers (30,41 TWh), followed by televisions (20,34 TWh), showers (17,89 TWh) and AC units (17,41 TWh). However, by region, it varies: showers are the biggest consumers in the South and Southwest, in the Midwest and Northeast refrigerators are the biggest consumers, in the North the biggest consumption is for air conditioning.*

**Keywords:** Electrical energy; Energy efficiency; Residential sector

## 1. Introdução

O consumo mundial de energia elétrica cresceu 70% de 2000 a 2017, o que fez da eletricidade a segunda fonte de energia mais consumida globalmente, atrás apenas do petróleo (IEA, 2018). No Brasil, entre os períodos de 2009 e 2018, o consumo de energia elétrica cresceu 25,7%, atingindo 535,4 TWh, sendo que aproximadamente um quarto desse consumo é devido ao uso da eletricidade nas residências (EPE, 2019a). Há, por isso, uma preocupação mundial com o aumento da demanda de energia elétrica, sobretudo por conta de preocupações com as emissões de gases do efeito estufa.

Nesse contexto, até mesmo o Brasil, que possui uma matriz energética predominantemente renovável, com 66,6% da eletricidade produzida através de fontes hídricas (EPE, 2019a), comprometeu-se a reduzir seu consumo de energia elétrica. Segundo o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) (MME, 2011), o Brasil deve atingir, até 2030, uma redução de 10% do consumo de energia elétrica em relação à projeção do consumo de um cenário base para 2030. Para alcançar esse objetivo, o PNEf desenvolveu linhas de ações para incentivar o aumento da eficiência energética no país e que envolvem, entre outras ações, a aplicação de incentivos fiscais e tributários a equipamentos energeticamente eficientes.

O setor de edificações brasileiro é heterogêneo e possui diversas formas de uso final de energia (GONZALES-MAHECHA et al., 2019). Segundo projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019b), em 2019, os principais equipamentos elétricos em termos de consumo no setor residencial são, em ordem decrescente de consumo anual: geladeiras, televisores, chuveiros elétricos, ares-condicionados, lâmpadas, congeladores e máquinas de lavar roupa. Assim, além da eficiência energética de um determinado equipamento, é preciso analisar a sua forma e intensidade de uso, para que se possa determinar aqueles equipamentos com maior impacto no consumo de energia elétrica das residências, e que, por consequência, possam promover uma maior redução no consumo de energia elétrica do setor residencial.

Há, na literatura, estudos que estimaram o consumo de energia elétrica de equipamentos do setor residencial através de equações de determinação de consumo energético, que relacionam a posse do equipamento, a sua potência ou consumo específico e seu padrão de uso, como os trabalhos de Bezerra (2017) e Gonzales-Mahecha et al. (2019). Porém, devido ao avanço tecnológico, que incentiva a popularização de alguns equipamentos e a obsolescência de outros, é importante a realização constante de pesquisas de determinação de consumo, de modo a refletir o estado atual do uso de energia elétrica no setor residencial brasileiro.

No ano de 2019, foi publicada uma nova versão da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos (PPH) (PROCEL, 2019a), desenvolvida pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) (PROCEL, 2019b). Nesta pesquisa, foram realizadas entrevistas em 18775 domicílios das cinco regiões do país, para obter informações de equipamentos elétricos e seus padrões de uso. A partir desses dados, é possível elaborar uma estimativa do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro e identificar quais equipamentos possuem o maior impacto em termos de demanda de energia elétrica. Desta forma, este estudo objetiva estimar a proporção dos usos finais de energia elétrica no setor residenciais brasileiro com base nas informações obtidas pela PPH, versão 2019.

## 2. Procedimentos Metodológicos

Para este estudo, foram estimadas, a partir de equações de determinação de consumo energético, o consumo de energia elétrica de lâmpadas, chuveiros, televisores, ar-condicionados, refrigeradores, congeladores, ventiladores, micro-ondas e máquinas de lavar roupa, com base em informações dos 18775 domicílios da base de dados da PPH, que pode ser obtida em PROCEL (2019a). O tratamento da base de dados e as estimativas de consumo foram realizados em programação R, através do software RStudio (RSTUDIO, 2019).

Da base de dados, foram extraídas informações sobre a frequência de uso de cada equipamento, que podia ser definida como intensa (6 a 7 vezes na semana), grande (4 a 5 vezes por semana), média (2 a 3 vezes por semana), pequena (uma vez por semana), mínima (uma vez a cada 15 dias), raramente (uma vez por mês) ou permanentemente desligado. Utilizou-se um valor médio para cada faixa de frequência de uso, ou seja, 6,5 para intensa, 4,5 para grande e 2,5 para média, e multiplicou-se esse valor pelo número de meses ou de semanas, para obter o uso anual ou mensal. O tempo de uso diário de lâmpadas, chuveiros, televisores, ar-condicionados, ventiladores e micro-ondas, bem como o número de banhos diários de cada chuveiro e o número de ciclos realizados pelas máquinas de lavar roupa ao longo do ano também foram obtidos através de informações da base de dados.

A PPH também informa as características físicas dos equipamentos, o que permitiu determinar suas potências ou consumos representativos, a partir das potências ou consumos médios dos mesmos modelos de equipamentos registrados nas Tabelas de Consumo e Eficiência Energética (INMETRO, 2019a) ou na Base de Dados de Registro das Famílias de Lâmpadas (INMETRO, 2019b), disponibilizadas pelo Inmetro. A Tabela 1 mostra as características presentes na PPH que foram utilizadas para definir os modelos de cada equipamento. Para ventiladores, a PPH não pesquisou suas características físicas.

<b>Equipamento</b>	<b>Características</b>
Lâmpada	- Tipo: Incandescente, fluorescente compacta ou LED.
Chuveiro	- Faixa de potência: 4500 W ou menor, 4501-6000 W, 6001-7500 W, 750 W ou maior - Temperatura de elevação: intermediária ou máxima.
Televisor	- Tipo de tela: tubo, plasma ou LCD/LED - Tamanho da tela: menor que 20", 20-29", 30-39", 40-50" ou maior que 50"
Ar-condicionado	- Tipo: Janela, Split comum, Split inverter - Capacidade térmica: até 7500 Btu/h, 7501-10000 Btu/h, 10001-12000 Btu/h, 1200-18000 Btu/h, 18001-24000 Btu/h ou maior que 24000 Btu/h - Tipo de operação: frio ou quente/frio
Micro-ondas	- Capacidade: até 20 litros, 21-29 litros ou 30 litros ou maior.

Congelador	- Tipo: vertical, vertical <i>frost free</i> , horizontal; - Capacidade: menor que 150 litros, 150-229 litros, 230-309 litros ou 310 litros ou maior.
Refrigerador	- Tipo: frigobar, refrigerador de uma porta, refrigerador de uma porta <i>frost free</i> , combinado, combinado <i>frost free, side by side</i> ; - Capacidade: 199 litros ou menor, 200-299 litros, 300-399 litros, 400-499 litros, 500 litros ou maior;
Máquina de lavar	- Tipo: automática, automática lava e seca ou semiautomática - Capacidade: 6kg ou menor, 7k-9kg, 10kg ou maior.

**Tabela 1: Modelos considerados para obtenção das potências ou consumos representativos.**

## 2.1 Equações de estimativa dos consumos anuais de energia elétrica

O consumo de energia elétrica de refrigeradores e congeladores ( $C_{rc}$ ) foi estimado pela equação (1), que relaciona o consumo mensal representativo do refrigerador ou congelador por modelo ( $C_m$ ) e o número de equipamentos do mesmo modelo ( $n$ ). Considerou-se que refrigeradores e congeladores, quando presentes no domicílio, eram utilizados todos os dias.

$$C_{rc} = \sum_m C_m \times n \times 12 \quad (1)$$

Sendo:

$C_{rc}$  - consumo de energia elétrica de refrigeradores ou congeladores (TWh);  $C_t$  – consumo mensal representativo (kWh);  $n$  – número de equipamentos do mesmo modelo;  $m$  – modelo.

A equação (2) determina o consumo de energia elétrica das máquinas de lavar roupa ( $C_{maq}$ ) a partir de valores de proporção de máquinas de lavar roupa por modelo ( $Prop_m$ ), o seu consumo representativo por ciclo ( $C_m$ ) e o número total de ciclos das máquinas de lavar roupa durante um ano ( $n$ ). A variável relativa à proporção, nesta e nas demais equações, é referente a um valor adimensional, que varia de 0 a 1.

$$C_{maq} = \sum_m Prop_m \times C_m \times n \quad (2)$$

Sendo:

$C_{maq}$  - consumo de energia elétrica de máquinas de lavar roupa (TWh);  $Prop_m$  – proporção;  $C_t$  – consumo por ciclo representativo (kWh);  $n$  – número total de ciclos;  $m$  - modelo.

Os consumos de televisores, micro-ondas e ventiladores ( $C_{mv}$ ) foram determinados pela equação (3), em que  $Prop_m$  é a proporção por modelo de equipamento,  $P_m$  é a sua potência representativa e  $T$  é o tempo de uso mensal, que resulta do somatório do tempo de uso diário dos equipamentos multiplicados pelas suas frequências de uso mensais.

$$C_{tmv} = \sum_m Prop_m \times P_m \times T \times 12 \quad (3)$$

Sendo:

$C_{tmv}$  - consumo de energia elétrica de televisores, micro-ondas ou refrigeradores (TWh);  $Prop_m$  - proporção;  $P_m$  - Potência representativa (kW);  $T$  - tempo de uso mensal (h);  $m$  - modelo.

Como a PPH não realizou perguntas sobre os meses em que os ventiladores costumavam ser utilizados durante o ano, considerou-se que os ventiladores eram utilizados somente no verão no Sul e no Sudeste, e em todos os meses do ano no Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Para os chuveiros, a PPH informa, para cada mês do ano, se o chuveiro costuma ser utilizado na temperatura máxima, intermediária ou sem aquecimento. Assim, inicialmente, foi determinado os consumos mensais considerando 100% dos chuveiros utilizados nas temperaturas máxima ou intermediária ( $C_c$ ), conforme mostra a equação (4), que relaciona a proporção de chuveiros pelas faixas de potência indicadas na Tabela 1 ( $Prop_{pot}$ ), seu consumo representativo por faixa de potência e temperatura de elevação da água ( $C_{pot,temp}$ ) e o tempo total uso diário de todos os chuveiros ( $T$ ).

$$C_c = \sum_{pot} Prop_{pot} \times C_{pot,temp} \times T \quad (4)$$

Sendo:

$C_c$  - consumo mensal de energia elétrica dos chuveiros nas temperaturas máximas ou intermediária (TWh);  $Prop_{pot}$  - proporção de chuveiros por faixa de potência;  $C_{pot,temp}$  - consumo mensal representativo por faixa de potência e temperatura de elevação da água (kWh);  $T$  - tempo total de uso diário dos chuveiros (min);  $pot$  - faixa de potência;  $temp$  - temperatura do banho (intermediária ou máxima).

O consumo mensal representativo do chuveiro é relativo a utilização diária do chuveiro por um minuto. Como as tabelas do Inmetro não apresentam os consumos dos chuveiros na temperatura intermediária, considerou-se os valores de consumo mínimo, que estão presentes nas tabelas do Inmetro. Uma vez determinado o consumo mensal dos chuveiros nas temperaturas máximas e intermediária, esses valores foram multiplicados pela proporção de pessoas que afirmaram utilizar os chuveiros na temperatura máxima ou intermediária em cada mês, para obter o consumo anual dos chuveiros ( $C_{anoc}$ ), conforme a equação (5):

$$C_{anoc} = \sum_{mês} Prop_{int_{mês}} \times C_{cint} + Prop_{máx_{mês}} \times C_{cmáx} \quad (5)$$

Sendo:

$C_{anoc}$  - consumo anual de energia elétrica dos chuveiros (TWh);  $Prop_{int_{mês}}$  - proporção de chuveiros utilizados na temperatura intermediária;  $Prop_{máx_{mês}}$  - proporção de chuveiros utilizados na temperatura máxima;  $C_{cint}$  - consumo mensal do chuveiro na temperatura intermediária (kWh);  $C_{cmáx}$  - consumo mensal do chuveiro na temperatura máxima (kWh);  $mês$  - mês de uso do chuveiro.

O consumo de ares-condicionados ( $C_{AC}$ ) também foi obtido considerando um critério de sazonalidade, através da multiplicação do tempo diário de utilização do equipamento pela sua frequência de uso em cada mês, obtendo-se, assim, o tempo anual de uso de todos os ares-condicionados ( $T$ ). Esse valor é, então, multiplicado pela proporção de ares-condicionados por modelo e por seus consumos representativos, conforme a equação (6):

$$C_{AC} = \sum_m Prop_m \times C_m \times T \quad (6)$$

Sendo:

$C_{AC}$  – consumo anual de energia elétrica dos ares-condicionados (TWh);  $Prop_m$  – proporção de ares-condicionados por modelo;  $C_m$  – consumo representativo considerando uma hora de uso (kWh);  $T$  – tempo de uso anual (h); m – modelo.

Para a estimativa do consumo de energia elétrica das lâmpadas, considerou-se os ambientes quarto, banheiro, sala, cozinha, área de serviço, garagem, área externa, corredor, varanda e outros, que são os ambientes não classificados pela PPH, mas que possuem informações sobre o horário de uso das lâmpadas. Todas as lâmpadas foram, então, agrupadas, para cada ambiente, por modelo, e somados os seus tempos de uso diário. O consumo em cada ambiente ( $C_l$ ) foi, então, determinado a partir da equação (7).

$$C_l = \sum_m Prop_m \times P_m \times T \times 365 \quad (7)$$

Sendo:

$C_l$  - consumo de energia elétrica das lâmpadas por ambiente (TWh);  $Prop_m$  - proporção por modelo;  $P_m$  - potência representativa (kW);  $T$  - tempo de uso por ambiente (h); m – modelo;

Os consumos das lâmpadas por ambiente foram, então, somados, para obter seu consumo total de energia elétrica. Por fim, foi determinada a proporção do consumo de energia elétrica de cada equipamento em relação ao consumo das cinco regiões ( $Prop_{e,r}$ ), pela equação (8):

$$Prop_{e,r} = \frac{C_{e,r}}{C_r} \times \frac{n_r}{base_r} \quad (8)$$

Sendo:

$Prop_{e,r}$  – proporção de consumo do equipamento  $e$  na região  $r$ ;  $C_{e,r}$  – consumo anual estimado de energia elétrica do equipamento  $e$  na região  $r$  (TWh);  $C_r$  – consumo de energia elétrica da região  $r$  (TWh);  $n_r$  – número de domicílios na região  $r$ ;  $base_r$  – número de domicílios da base de dados pertencentes à região  $r$ ;

Os valores do consumo anual de energia elétrica por região ( $C_r$ ) e do número de domicílios por região ( $n_r$ ) foram obtidos através da Tabela de Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (EPE, 2019c), desenvolvida pela EPE, considerando o ano de 2018, uma vez que os dados completos para o ano de 2019 ainda não estão disponíveis.

### 3. Resultados

A Figura 1 e a Figura 2 apresentam, respectivamente, o número de municípios e de domicílios da base de dados. Foram coletadas informações de domicílios do Distrito federal a de 165 municípios, sendo que o Sudeste e o Nordeste foram as regiões com o maior número de municípios (59 e 44, respectivamente). Quanto aos domicílios, o Nordeste possui o maior número, com 6100 domicílios. Esse valor é explicado pela metodologia da PPH, que coletou de informações de 625 domicílios por estado e Distrito Federal, com exceção dos quatro estados com maior número de domicílios (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia), dos quais coletou-se informações de 1100 domicílios por estado. Como o Nordeste possui um maior número de estados (9), esta foi a região com mais domicílios pesquisados.

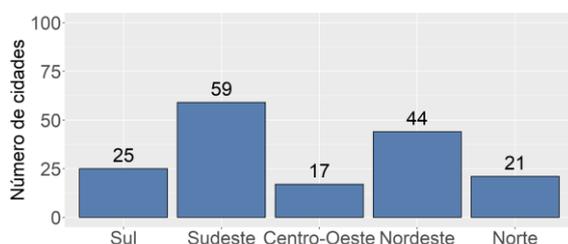


Figura 1: Número de municípios por região.  
Fonte: elaborado pelos autores.

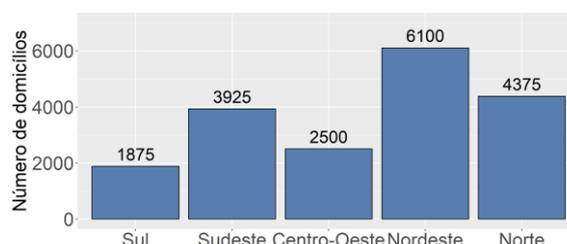


Figura 2: Número de domicílios por região.  
Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto à posse média dos equipamentos analisados, percebe-se, na Figura 3, que os domicílios das cinco regiões possuem uma média de 5,93 a 7,28 lâmpadas por domicílio. Para televisores e refrigeradores, a posse média ficou acima de um em todas as regiões, sendo que a maioria dos domicílios possui pelo menos um destes equipamentos. Já a posse média de congeladores, micro-ondas e máquinas de lavar roupa é menor: de 0,09 a 0,32 para congeladores, de 0,26 a 0,81 para micro-ondas e de 0,44 a 0,92 para máquinas de lavar roupa. Para chuveiros elétricos, percebe-se que a posse média fica próxima de um nas regiões Sul (1,12), Sudeste (0,92) e Centro-Oeste (0,93), mas chega a um valor próximo de zero nas regiões Nordeste (0,10) e Norte (0,04). Com os ventiladores ocorre o inverso: as maiores posses médias foram registradas no Nordeste (1,41) e no Norte (1,53). Para Ares-condicionados, as maiores posses médias foram registradas no Sul (0,32) e no Norte (0,4), e a menor foi registrada no Nordeste (0,06).

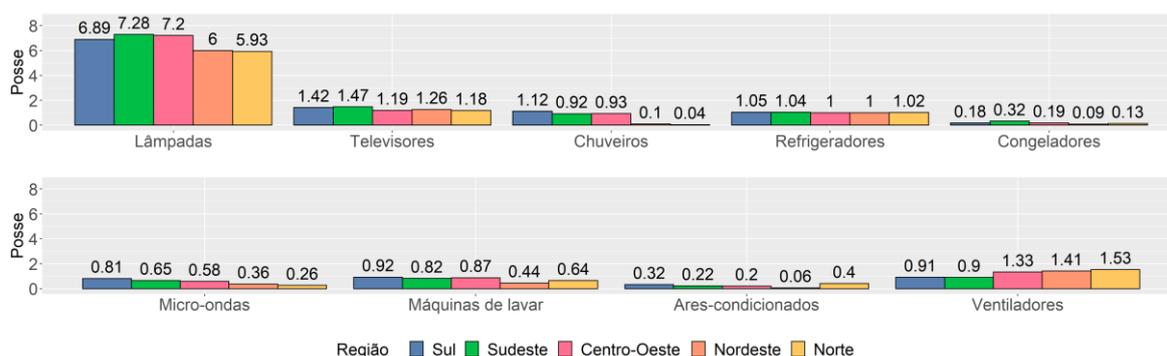


Figura 3: Posse dos equipamentos elétricos analisados. Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto à estimativa de consumo anual de energia elétrica desses equipamentos, o Sul consumiu 21,79 TWh, o Sudeste 60,35 TWh, o Centro-Oeste 10,33 TWh, o Nordeste 21,59 TWh e o Norte 6,91 TWh. A Figura 4 apresenta a porcentagem do consumo estimado desses equipamentos em relação ao consumo de energia elétrica do setor residencial para cada região. Nas regiões Sul e Sudeste, os chuveiros foram os maiores consumidores de energia elétrica (33,81%, 24,93%, respectivamente), nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, foram os refrigeradores (21,53% e 27,61%, respectivamente) e, no Norte, o maior consumo de energia elétrica foi para o condicionamento artificial dos ambientes (23,42%). Os televisores também apresentaram uma porcentagem de consumo expressiva, entre 11,51% e 17,82%, sendo o segundo equipamento em termos de consumo de energia elétrica no Nordeste.

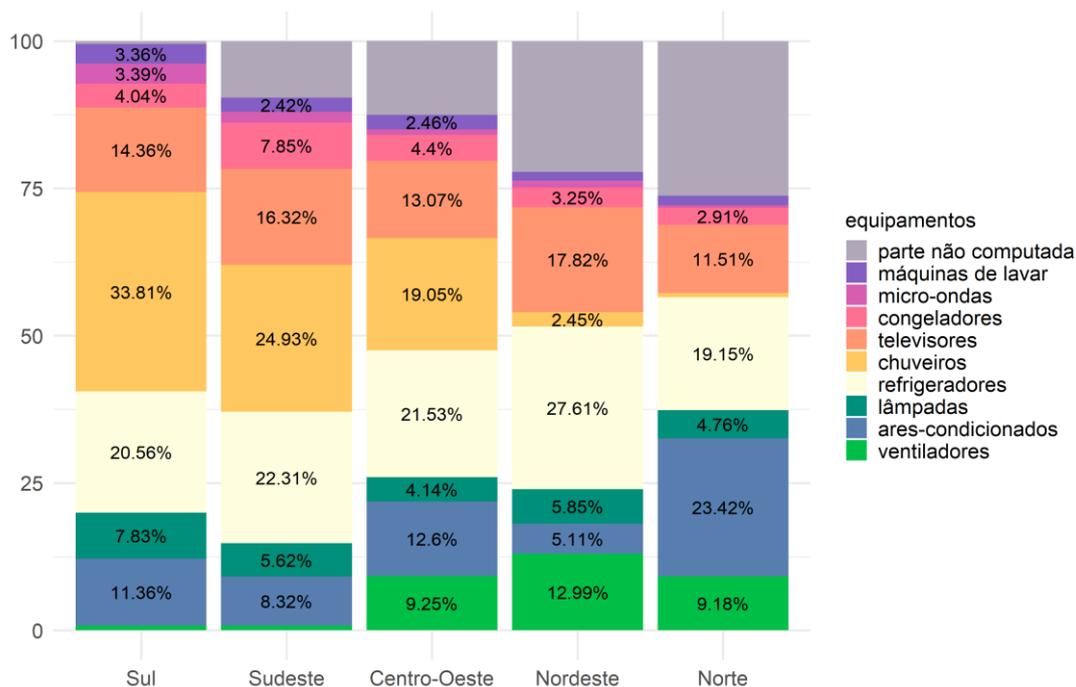


Figura 4: porcentagem de consumo dos equipamentos analisados. Fonte: elaborado pelos autores.

Percebe-se que a estimativa do consumo de energia elétrica dos equipamentos na região Sul representa 99,50% do consumo anual. Nas outras regiões esse valor é reduzido gradualmente até chegar a 73,76%, no Norte. Esse comportamento é acompanhado da redução da porcentagem de consumo dos chuveiros (33,81% no Sul, 24,93% no Sudeste, 19,05% no Centro-Oeste, 2,45% no Nordeste e 1% no Norte). O uso de chuveiros elétricos está relacionado ao clima da região: em regiões mais quentes, como Norte e Nordeste, a posse de chuveiros elétricos tende a ser reduzida. A temperatura da água do banho também foi um fator para o aumento do consumo de energia elétrica no Sul, que tende a ter temperaturas mais baixas em relação a outras regiões. A Figura 5 apresenta, para as cinco regiões, a porcentagem de chuveiros que foram utilizados na temperatura máxima em cada mês. Percebe-se que a porcentagem de chuveiros ligados na temperatura máxima aumenta significativamente nas regiões Sul e Sudeste nos meses de maio a setembro, e obtém seu valor máximo em julho, com 70,64% dos chuveiros utilizados na temperatura máxima no Sul e com 48,73% no Sudeste.

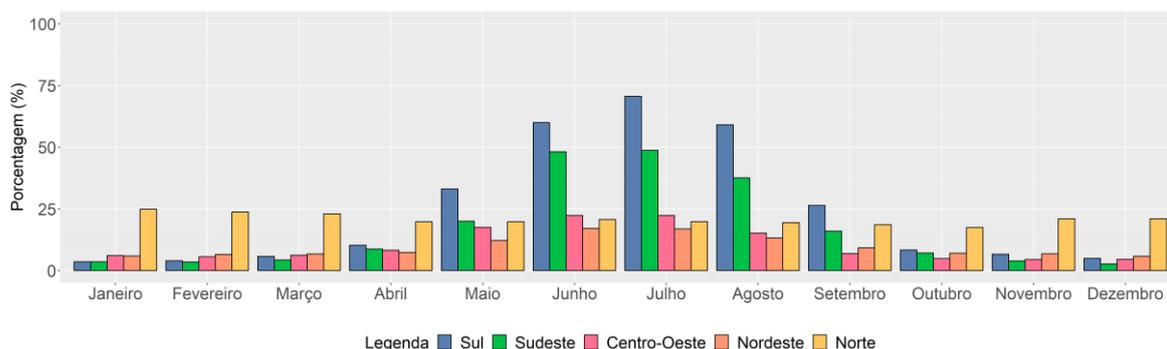


Figura 5: Porcentagem de chuveiros usados na temperatura máxima. Fonte: elaborado pelos autores.

Outro fator que pode ter acarretado a redução da porcentagem de consumo de energia elétrica dos equipamentos analisados em regiões de climas mais quentes foi a forma de estimativa do consumo de ares-condicionados, que não considerou a temperatura interna dos ambientes, fator que influencia o consumo desses aparelhos, pois precisam consumir mais energia elétrica para resfriar ambientes com temperaturas internas maiores. No entanto, embora se tenha utilizado um mesmo consumo representativo por hora para as cinco regiões, é possível perceber variações significativas no consumo de energia elétrica. Foram dois os fatores que influenciaram o consumo dos ares-condicionados: a posse e a frequência de uso mensal. As regiões Sul e Norte são as que possuem a maior posse de ares-condicionados, 0,4 e 0,32, respectivamente, seguidas das regiões Sudeste (0,22), Centro-Oeste (0,20) e Nordeste (0,06). Quanto à frequência de uso, percebe-se, na Figura 6, que apresenta o percentual mensal de pessoas que afirmaram utilizar o ar-condicionado de forma intensa, que as regiões Sul e Sudeste possuem um uso sazonal do equipamento, com uma porcentagem maior de ares-condicionados utilizados nos meses de dezembro a fevereiro. No Centro-Oeste, a proporção de uso mensal de ares-condicionados ao longo do ano aumenta e a sazonalidade do uso do equipamento é atenuada. No Norte e no Nordeste, a proporção de uso do ar-condicionado fica acima de 50% em todos os meses.

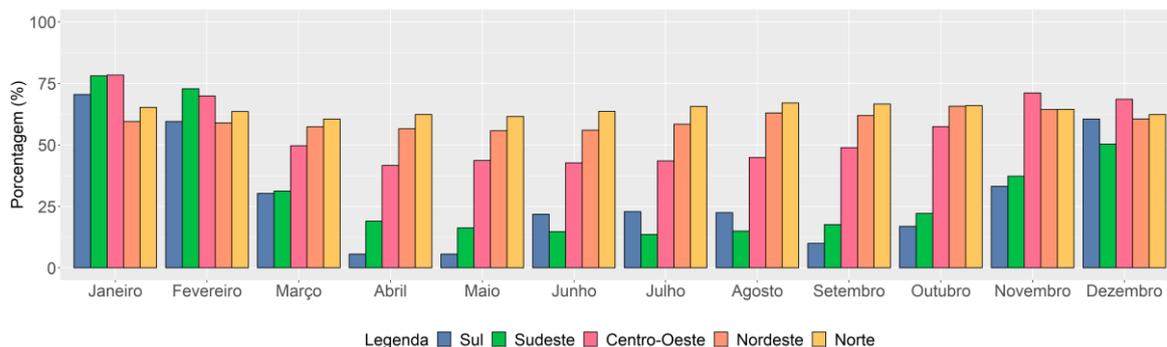
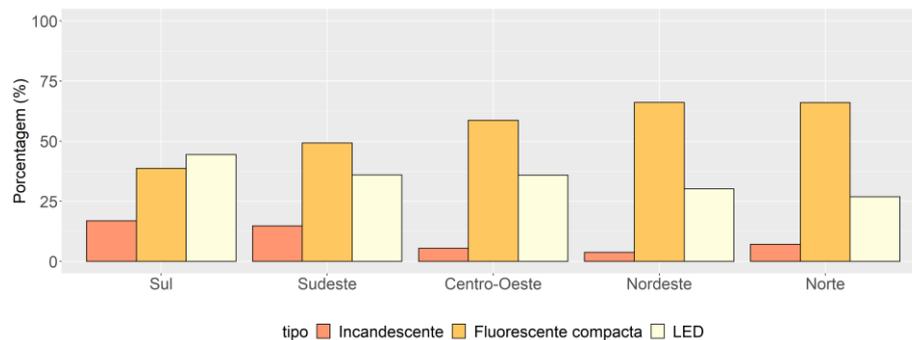


Figura 6: Porcentagem mensal de uso intenso de ares-condicionados. Fonte: elaborado pelos autores.

A alta posse de ar-condicionado no Norte e sua alta frequência de uso em todos os meses explicam o porquê esta foi a região que obteve a maior porcentagem de consumo de ar-condicionado.

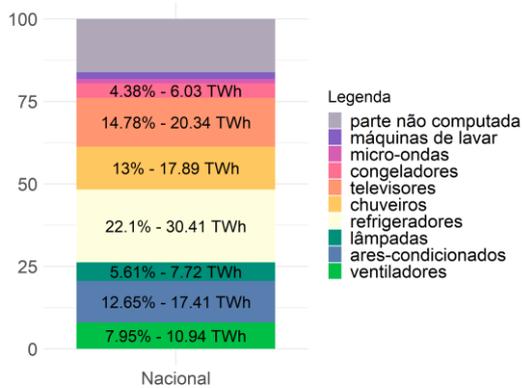
Por outro lado, o Nordeste, que também possui uma alta frequência de uso mensal, obteve a menor porcentagem, pois a posse de ar-condicionado nesta região ainda é baixa. Para os ventiladores, no entanto, o Nordeste possui a maior porcentagem de consumo (12,99%). Outro equipamento que apresentou variações significativas na porcentagem de consumo foi o refrigerador, que foi de 19,15%, na região Norte, a 27,61%, na região Nordeste.

Os demais equipamentos apresentaram uma porcentagem de consumo anual inferior a 8%, variando de 4,76% a 7,83% para lâmpadas, de 2,91% a 7,85% para congeladores, de 0,45% a 3,39% para micro-ondas e de 1,43% a 3,36% para máquinas de lavar roupa. Chama a atenção a baixa porcentagem de consumo das lâmpadas. Esse resultado pode estar relacionado à inserção de lâmpadas LED no mercado, que possuem uma potência menor em relação às demais tecnologias. A Figura 7 apresenta a porcentagem por região de lâmpadas incandescentes, fluorescentes compactas e LED nos domicílios da base de dados. Percebe-se que mais de 20% das lâmpadas em todas as regiões já são LED, valor que chega a ser superior ao de fluorescentes compactas na região Sul.

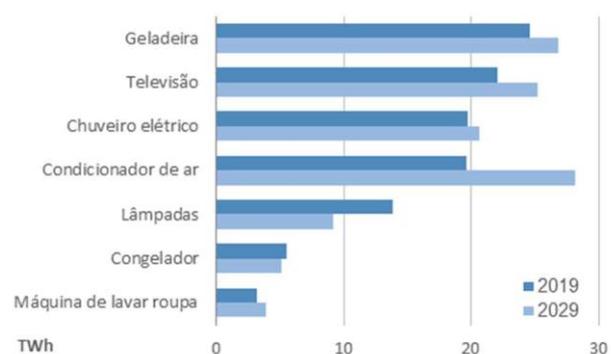


**Figura 7: Porcentagem de tecnologia de lâmpadas por região. Fonte: elaborado pelos autores.**

A Figura 8 apresenta a estimativa das porcentagens nacionais de consumo de energia elétrica dos equipamentos deste estudo e a Figura 9 apresenta a projeção da EPE do consumo nacional de refrigeradores, televisores, chuveiros elétricos, ares-condicionados, lâmpadas, congeladores e máquinas de lavar roupa no setor residencial para os anos de 2019 e 2030 (EPE, 2019b). Na Figura 8, os refrigeradores aparecem com a maior proporção de consumo (22,1%), seguidos dos televisores (14,78%). Os chuveiros são os terceiros maiores consumidores de energia elétrica (13%), e os ares-condicionados aparecem logo atrás (12,65%). Os ventiladores ficaram em quinto lugar, com uma porcentagem de 7,95%, seguidos das lâmpadas (5,61%). Os congeladores, as máquinas de lavar roupa e os micro-ondas foram os de menor proporção de consumo (4,38%, 2,04% e 1,34%, respectivamente). A ordem de consumo dos equipamentos elétricos é semelhante à projeção da EPE para 2019, como mostra a Figura 9, que apresenta os refrigeradores como os maiores consumidores de energia elétrica, seguido dos televisores, chuveiros e ares-condicionados. Na projeção da EPE, as lâmpadas são os quintos maiores consumidores, os congeladores, os sextos, e as máquinas de lavar roupa, os sétimos. A EPE não considerou o consumo de ventiladores e de micro-ondas nessa pesquisa.



**Figura 8: Porcentagens nacionais de consumo.**  
Fonte: elaborado pelos autores.



**Figura 9: Consumo nacional estimado pela EPE.**  
Fonte: EPE (2019b)

#### 4. Conclusão

Neste estudo estimou-se a porcentagem de consumo de energia elétrica de nove equipamentos do setor residencial brasileiro: lâmpadas, chuveiros, televisores, ares-condicionados, refrigeradores, congeladores, ventiladores, micro-ondas e máquinas de lavar roupa. Para isso, utilizou-se informações dos domicílios pertencentes à base de dados da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos (PPH), sendo que seus consumos foram estimados com base em equações de determinação de consumo de energia elétrica. O estudo demonstrou que, nacionalmente, os refrigeradores possuem a maior porcentagem de consumo de energia elétrica (22,1%), seguidos de televisores (14,78%), chuveiros (13%), ares-condicionados (12,65%), ventiladores (7,95%), lâmpadas (5,61%), congeladores (4,38%), máquinas de lavar roupa (2,04%) e micro-ondas (1,34%).

Também foi possível demonstrar que há uma grande variabilidade da proporção do consumo de chuveiros e ares-condicionados entre as regiões, e que esses valores podem estar associados à posse e ao padrão de uso dos equipamentos. No entanto, percebeu-se que a porcentagem total do consumo de energia elétrica cai nas regiões mais quentes, atingindo o menor valor no Norte (73,76%). Este comportamento pode estar associado à forma de estimativa de consumo de ares-condicionados, que não considerou a temperatura interna do ambiente no cômputo do consumo. Desta forma, é necessário, em próximos estudos, o desenvolvimento de um método de determinação de consumo de ares-condicionados que considere a temperatura dos ambientes ou o clima da região.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES e o CNPq pelos recursos financeiros aplicados no financiamento da bolsa de pós-graduação.

## Referências

BEZERRA, P. B. S. **Proposta metodológica para avaliação da demanda residencial de energia elétrica através do desenvolvimento de uma curva de carga horária.** Dissertação de mestrado, Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional: Ano Base 2018.** Brasília, 2019a. 603 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029.** Brasília, 2019b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2029>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas).** 2019c. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-mensal-de-energia-eletrica-por-classe-regioes-e-subsistemas>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

GONZALES-MAHECHA, R. E.; LUCENA, A. F. P., GARAFFA, R.; MIRANDA, R. F. C.; CHÁVEZ-RODRIGUEZ, M.; CRUZ, T.; BEZERRA, P.; RATHMANN, R. Greenhouse gas mitigation potential and abatement costs in the Brazilian residential sector. **Energy & Buildings.** v. 184, p. 19-33, 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook.** Paris: IEA, 2018. 661 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabelas de consumo/eficiência energética.** 2019a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em: 9 dez. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Registro de objeto.** 2019b. Disponível em: <<http://registro.inmetro.gov.br/consulta/>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética – Premissas e diretrizes gerais.** MME, 2011. 126 p.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Pesquisa de posse e hábitos de uso de equipamentos elétricos na classe residencial.** 2019a. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>> Acesso em: 9 dez. 2019.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procel.** Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel.aspx>> Acesso em: 9 dez. 2019.

RSTUDIO. **RStudio.** 2019. Disponível em: <<https://rstudio.com>> Acesso em: 26 dez. 2019.