



Centro Clima

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050:
Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano
Governamental**

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ

Apoio:

Instituto Clima e Sociedade (ICS)

WWF – Brasil



PROJETO IES-Brasil – 2050

**Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e
Mudanças Climáticas
(Centro Clima/COPPE/UFRJ)**

**Cenário de Emissão de GEE - 2050
Setor Residencial**

(Demanda de Energia)

Relatório Técnico

Autores

Mariana Weiss de Abreu e Amaro Olímpio Pereira Jr.

Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ

COORDENAÇÃO GERAL

Emilio Lèbre La Rovere

COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Carolina Burle Schmidt Dubeux

MODELAGEM MACROECONÔMICA

William Wills (coordenador)

Julien Lefèvre

Carolina Grottera

Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU)

Carolina B.S. Dubeux (coordenadora)

Michele Karina Cotta Walter

Ana Maria Rojas Méndez

Isabella da Fonseca Zicarelli

Setor Energético

Amaro Olímpio Pereira Junior
(coordenador)

Sergio Henrique Ferreira da Cunha

Gabriel Castro

Mariana Weiss de Abreu

Setor Industrial

Amaro Olímpio Pereira Junior
(coordenador)

Felipe Santos C.B. Santos

Carolina B.S. Dubeux

Setor de Resíduos

Carolina B.S. Dubeux

Angéli Viviani Colling

Setor de Transporte

Márcio de Almeida D'Agosto
(coordenador)

Daniel Neves Schmitz Gonçalves
*(Laboratório de Transporte
de Carga – LTC/COPPE/UFRJ)*

Luiza Di Beo Oliveira

Integração dos Modelos Energéticos de Demanda

Claudio Gesteira

Colaboração

Daniel Oberling

Saulo Machado Loureiro

Assistente de Coordenação

Isabella da Fonseca Zicarelli

Apoio

Carmen Brandão Reis

Elza Ramos

Sumário

1. Objetivo.....	1
2. Apresentação do Setor	2
3. Metodologia	4
4. Descrição da modelagem	5
4.1. Fórmulas.....	5
4.2. Dados utilizados	6
4.3. Hipóteses até 2050.....	7
4.3.1. Iluminação	7
4.3.2. Refrigeração de Alimentos	8
4.3.3. Condicionamento de Ambiente.....	10
4.3.4. Aquecimento de Água	10
4.3.5. Cocção de Alimentos	12
4.3.6. Outros Usos Finais	15
5. Resultados obtidos após iteração com IMACLIM	16
6. Prospecção tecnológica para cenários de mitigação	21
7. Referências bibliográficas	25

Tabelas

Tabela 1.	Consumo Final Energético no Setor Residencial - 2005	2
Tabela 2.	Participação dos Usos finais no Consumo de Energia Elétrica do Setor Residencial - 2005	3
Tabela 3.	Emissões de GEE do Setor Residencial - 1990-2010.....	3
Tabela 4.	Estimativas para o Comportamento do Número de Domicílios Total, Urbano, Rural, Eletrificado e Não Eletrificado- 2005-2050	6
Tabela 5.	Posse média de lâmpadas por domicílio - 2005-2050.....	8
Tabela 6.	Posse média de Refrigeradores e Freezers por domicílio - 2005-2050.....	9
Tabela 7.	Consumo médio dos Refrigeradores e Freezers por domicílio - 2005-2050	9
Tabela 8.	Posse média e Consumo médio de Aparelhos de Ar Condicionado pelos domicílios urbanos e respectivo consumo médio de – 2005-2050.....	10
Tabela 9.	Estimativas da Evolução da Posse de Aquecedores de Água 2005-2050.....	11
Tabela 10.	Consumo de Energia dos Tipos de Aquecedores de Água - 2005	12
Tabela 11.	Estimativas da Evolução da Posse de Fogões - 2005-2050	13
Tabela 12.	Consumo de Energia pelos Tipos de Fogão – 2005	13
Tabela 13.	Consumo Médio de GLP dos Fogões	14
Tabela 14.	Estimativas do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Domicílios Urbanos e Domicílios Rurais – CPG 2005-2050	16
Tabela 15.	Estimativas do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Fonte Energética – CPG 1990-2050	17
Tabela 16.	Emissões Totais (MtCO ₂ e) do Setor Residencial no CPG por Fonte – 1990-2050	20

Figuras

Figura 1.	Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Domicílios Urbanos e Rurais – CPG- 2005-2050.	16
Figura 2.	Evolução do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Fonte – CPG – 1990-2050.....	17
Figura 3.	Participações dos Usos Finais no Consumo de Energia Elétrica do Setor Residencial– 2010-2050	19
Figura 4.	Consumo Médio Mensal de Energia elétrica pelos Usos finais do Setor Residencial – 2010 -2050	19

Setor Residencial

1. Objetivo

Neste relatório são apresentados os resultados do Cenário de Plano Governamental (CPG) para o setor residencial, no que tange às estimativas da evolução do seu consumo de energia e de suas respectivas emissões de gases de efeito estufa (GEE), até o ano de 2050. Posteriormente, serão apresentadas algumas tecnologias que ao serem adotadas podem auxiliar no aumento da eficiência energética e na mitigação de gases de efeito estufa.

Estas estimativas serviram de insumo para o modelo de equilíbrio geral utilizado neste estudo – o IMACLIM-BR. Este modelo representa a estrutura da economia brasileira e seus inúmeros fluxos energéticos, auxiliando na construção de cenários otimizados que permitam analisar os efeitos de políticas de mitigação no crescimento econômico e desenvolvimento social, em um dado horizonte de tempo.

Por trabalhar com os fluxos monetários e os fluxos energéticos de uma economia, a estrutura do IMACLIM-BR se assemelha a uma matriz insumo-produto híbrida. Como o IMACLIM-BR e os modelos setoriais necessitam apresentar anos base iguais, optou-se pela utilização do ano base 2005, dado que são referentes a este ano os últimos resultados relativos à matriz insumo-produto brasileira divulgados pelo IBGE.

2. Apresentação do Setor

De acordo com a PNAD 2005 (IBGE, 2013), o Brasil contava com 52,9 milhões de domicílios, dos quais 84,5% eram tidos como urbanos e apenas 15,5% como rurais. Mais de 99,6% dos domicílios urbanos e 83,8% dos domicílios rurais tinham acesso à energia elétrica. Quanto ao tamanho da população, o PNE 2030 (EPE, 2007) afirma que em 2005 o Brasil possuía ao todo 185,5 milhões de habitantes, dos quais 154,3 milhões residiam na região urbana e 31,2 milhões na região rural. Deste modo, em média nos domicílios brasileiros residiam aproximadamente 3,51 pessoas.

No que tange ao consumo de energia, segundo dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2013), o Setor Residencial brasileiro em 2005 foi responsável por 11,2% do consumo total final de energia do país, ficando atrás do Setor Industrial e do Setor de Transportes. Já em relação ao consumo de energia elétrica, o Setor Residencial foi superado apenas pelo Setor Industrial e foi responsável por 22% de toda a energia elétrica consumida no país, durante o ano de 2005.

Em 2005, o Setor Residencial brasileiro apresentou um consumo energético anual total de 21.828 mil tep (Tabela 1), o que equivale a uma média de 0,4129 tep por domicílio. A lenha seguida da eletricidade e posteriormente do gás liquefeito de petróleo (GLP) foram as fontes energéticas mais utilizadas pelos brasileiros naquele ano. O fato de a lenha ter sido mais utilizada do que fontes mais limpas e modernas como a eletricidade e o GLP mostra que a sociedade brasileira a partir de 2005 ainda poderia ter muitos ganhos de eficiência neste setor. Desta forma, segundo o BEN 2013 (EPE, 2013), desde então a lenha veio perdendo espaço principalmente pela sua substituição pelo GLP na cocção. Isso indiretamente fez com que a eletricidade em 2007 ultrapassasse finalmente a lenha, tornando-se a fonte energética mais significativa no consumo final total de energia do Setor Residencial brasileiro.

Tabela 1. Consumo Final Energético no Setor Residencial - 2005

Fonte	Consumo (10 ³ tep)	Participação Percentual (%)
Eletricidade	7.155	32,8%
GN	191	0,9%
Querosene	17	0,1%
GLP	5.713	26,2%
Lenha	8.235	37,7%
Carvão Vegetal	517	2,4%
Total	21.828	100,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2013)

Segundo o PROCEL (2007), o Setor Residencial é constituído por um grupo bastante heterogêneo de consumidores de energia elétrica, principalmente no que se refere ao perfil de uso de eletrodomésticos. Isso se deve principalmente às diversidades climáticas presentes em função da grande extensão territorial do país e também às desigualdades de renda familiar, que exercem grande influência nos hábitos de consumo de energia elétrica dos domicílios.

Segundo a pesquisa amostral realizada pelo PROCEL (2007), estima-se que mais de 2/3 dos domicílios brasileiros consumiram menos que 200 kWh de energia elétrica por mês em 2005. Na Tabela 2, é possível observar a participação dos usos finais no consumo médio de energia elétrica pelo Setor Residencial.

Tabela 2. Participação dos Usos finais no Consumo de Energia Elétrica do Setor Residencial - 2005

Usos Finais	Participação no Consumo Total
Aquecimento de água	25%
Condicionamento ambiental	3%
Refrigeração de alimentos	34%
Refrigerador	28%
Freezer	6%
Iluminação	21%
Outros Usos	17%
Total	100%

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2007)

Com relação às emissões (Tabela 3), o Setor Residencial emitiu diretamente 25,7 Mt CO₂e em 2005 com a queima de combustíveis fósseis (GLP, gás natural e querosene) e de biomassa (lenha e carvão vegetal), segundo dados do III Inventário Brasileiro de Emissões (MCTI, 2015).

Tabela 3. Emissões de GEE do Setor Residencial - 1990-2010

Setor Residencial	1990	2000	2005	2010
Mt CO₂e (GWP CH₄ =28 e GWP N₂O =265)				
CO ₂	13,8	17,2	15,6	17,3
CH ₄	8,9	7,3	9,2	8,1
N ₂ O	0,9	0,8	0,9	0,8
Total	23,6	25,3	25,7	26,3

Fonte: Elaboração Própria com base em MCTI (2015)

Nota: não inclui emissões da geração termelétrica

Ressalta-se que o presente capítulo apresenta valores também para as emissões da geração de eletricidade consumida pelo Setor Residencial. Essas emissões, entretanto, são consideradas como indiretas, pois ocorrem, de fato, no Setor Energético. No cômputo geral do estudo, tais emissões e/ou abatimentos estão atribuídas somente ao Setor Energético, evitando-se assim, dupla contagem.

3. Metodologia

A modelagem do Setor Residencial apresenta uma abordagem do tipo *bottom up*, onde a demanda final total de energia é calculada com base nos consumos específicos e nas posses médias dos equipamentos/tecnologias, na intensidade de uso e no número total de domicílios. Logo, escolheu-se utilizar o programa paramétrico de simulação *Long-range Energy Alternatives Planning System* (HEAPS, 2013). Conhecido como LEAP, este programa devido à sua estrutura, facilita a organização e a realização de estudos de demanda de energia complexos, que envolvem a construção de cenários.

A modelagem do Setor Residencial calcula o consumo de energia com base na formulação de JANUZZI & SWISHER (1997). Segundo estes autores, a demanda final total anual de energia de um equipamento associado a um determinado uso final de um domicílio deve ser calculada levando em consideração:

- A posse média deste equipamento;
- O tempo médio de uso por dia, a quantidade média de dias por mês que é utilizado, a quantidade média de meses por ano que é utilizado; e
- A potência média do tipo de equipamento.

É importante destacar que a evolução das posses médias de equipamentos das famílias é influenciada pela evolução da renda per capita média.

Assim, as estimativas até 2050 consideraram possíveis evoluções sobre a posse média de equipamentos, seu tempo de utilização e potência, em face da evolução da renda per capita média fornecida pelo modelo de equilíbrio geral (IMACLIM).

4. Descrição da modelagem

As premissas para a construção do CPG do Setor Residencial visam demonstrar como se dará a evolução do consumo de energia das famílias de 2005 a 2050, de acordo com os seis principais usos finais: iluminação, refrigeração de alimentos, aquecimento de água, condicionamento de ambiente, cocção e outros usos, em face da evolução da renda média das famílias.

É importante destacar que as posses de equipamentos são sensíveis às variações da renda per capita ao longo do CPG. Utilizou-se as elasticidades-renda das posses de equipamentos calculadas com base no cenário do PNE2050 para adaptar as posses de equipamentos aos níveis de renda per capita do CPG.

4.1. Fórmulas

Na Equação 1 e na Equação 2, é possível observar como JANUZZI & SWISHER (1997) estimam o cálculo da demanda final total anual de energia direta para o Setor Residencial (E_R):

$$E_R = \sum_{i=1}^{i=n} E_R^i \quad (1)$$

Em que E_R^i = consumo específico médio do uso final i no Setor Residencial;

i = iluminação, refrigeração; aquecimento de água; condicionamento de ar; cocção de alimentos; outros usos.

Sendo o consumo específico médio do uso final i no Setor Residencial (E_R^i) calculado do seguinte modo:

$$E_R^i = \sum_{j=1}^{j=n} N_i \cdot P_i^j \cdot M_i^j \cdot I_i^j \quad (2)$$

Em que N_i = número total de domicílios com uso final i ;

P_i^j = posse média de equipamento j por domicílio com uso final i ;

M_i^j = número médio de meses em que o equipamento j do uso final i é utilizado no ano por um domicílio;

I_i^j = intensidade energética média mensal ou consumo específico de energia médio mensal do equipamento j do uso final i por domicílio.

4.2. Dados utilizados

No que se refere aos dados, o comportamento das variáveis demográficas foi estimado para o Setor Residencial a partir de diversos estudos (EPE, 2014d; IBGE, 2013; IBGE, 2014). Neste trabalho, foram consideradas as projeções de crescimento da população feitas pelo IBGE (2014) e as projeções para taxa de urbanização e para número de domicílios adotadas no PNE 2050 (EPE, 2014d). Foram utilizados também os dados da PNAD (IBGE, 2013) para o número total de domicílios em 2005 e 2010. Os dados não disponíveis para os demais anos da série considerada foram estimados por meio de interpolações feitas no LEAP. Estes dados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Estimativas para o Comportamento do Número de Domicílios Total, Urbano, Rural, Eletrificado e Não Eletrificado- 2005-2050

Dados	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Número Total de Domicílios (milhões)	52.9	60.0	72.8	82.0	92.0	99.0
Número Total de Domicílios (número índice)	1.00	1.13	1.38	1.55	1.74	1.87
Número de Domicílios Urbanos (%)	84.5%	85.6%	86.2%	87.5%	88.4%	89.0%
Número de Domicílios Rurais (%)	15.5%	14.4%	13.8%	12.5%	11.6%	11.0%
Número de Domicílios Rurais Eletrificados (%)	83.8%	93.2%	98.3%	100.0%	100.0%	100.0%
Número de Domicílios Rurais Não Eletrificados (%)	16.2%	6.8%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%
População Nacional (milhões)	185.2	195.5	212.1	223.1	228.4	226.3
População Nacional (número índice)	1.00	1.06	1.15	1.20	1.23	1.22
Número de pessoas por domicílio	3.50	3.30	2.90	2.70	2.50	2.30

Fonte: IES-Brasil (2016) a partir de PNAD-IBGE (2013), PNE 2050 - EPE (2016), Projeção da População - IBGE(2014)

As demandas finais totais anuais de energia para o Setor Residencial brasileiro visam reproduzir a estrutura do consumo de energia deste setor de forma a coincidir com os resultados encontrados para estes mesmos anos no Balanço Energético Nacional (EPE, 2013). Esta estrutura foi montada com base em informações sobre o consumo específico de energia pelos equipamentos, a posse de

equipamentos, a participação dos usos finais no consumo médio anual de energia das residências brasileiras ao longo do período analisado. Para isso, foram utilizados alguns estudos, como: PROCEL (2007), CARDOSO (2008), IBGE (2013), EPE (2007) e GOUVELLO (2010). Além destas fontes bibliográficas que apresentam dados exatamente para os anos de 2005 e 2010, foram adaptados alguns dados provenientes de fontes que apresentavam anos base vizinhos a 2005 e 2010 como, por exemplo, o Balanço de Energia Útil (EPE, 2005) cujo ano base é de 2004; o PDE 2021 (EPE, 2012a) e a Nota Técnica DEA 16/12 (EPE, 2012b) cujo ano base é 2011; o PDE 2022 (EPE, 2014a), a Nota Técnica DEA 10/14 (EPE, 2014b) cujo ano base é 2012, o PDE 2023 (EPE, 2014c), o PDE 2024 (EPE, 2015) e o PNE 2050 (EPE, 2016). Ademais, quanto ao consumo específico de energia pelos equipamentos, utilizou-se também como base bibliográfica outros estudos como: SERPA (2001), ACHÃO (2003), ABRAVA (2014), PROCEL (2013), CARDOSO (2008), MELO (2009), LIQUIGÁS (2013), CONPET (2013), UHLIG (2008), UHLIG (2011) e REGUEIRA (2010). A consideração destes demais estudos foi necessária devido à existência de poucos estudos, informações e estatísticas mais detalhados sobre este tema.

4.3. Hipóteses até 2050

4.3.1. Iluminação

Seguindo as estimativas do PROCEL (2007), do PNE 2030 (EPE, 2007) e do PROCEL (2013a), este estudo assumiu que em média cada domicílio apresentava 4 lâmpadas incandescentes, sendo 2 de 40 W e 2 de 60 W, e 4 lâmpadas fluorescentes, sendo 2 de 11 W e 2 de 15 W, ligadas em média 4 horas por dia, durante todo o ano de 2005. Foram responsáveis por um consumo total anual de 354 kWh/domicílio (0,03042 tep/domicílio/ano), que coincide com a estimativa do PNE 2030 (EPE, 2007) para o ano de 2005.

Adicionalmente, o uso final *Iluminação* é o que prevê o maior ganho de eficiência energética, devido ao banimento das lâmpadas incandescentes previsto para ocorrer em 2017, conforme determinado na Portaria Interministerial MME/MCTI e MDIC nº 1.007/2010 (EPE, 2012b). Apesar da existência dessa portaria, neste estudo assumiu-se que estas somente não estariam mais presentes nos domicílios brasileiros a partir de 2020, devido à sua vida útil e à existência de estoques nos domicílios. Desta forma, em 2020, as lâmpadas incandescentes são totalmente substituídas por lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED.

No Cenário de Plano Governamental, a introdução de lâmpadas LED foi considerada a partir de 2017. Esta tecnologia penetraria gradativamente nos domicílios brasileiros, chegando em 2050 a representar 50% das lâmpadas no Cenário de Plano Governamental (Tabela 5). Esta maior

participação das lâmpadas LEDs é citada em IEA (2014), DEFRA (2014) e ENERGY SAVING TRUST (2014) como uma das formas de reduzir o consumo de energia elétrica pelo uso final *iluminação*. É importante mencionar que tanto a lâmpada fluorescente compacta de 15W e a lâmpada LED de 6W são equivalentes a uma lâmpada incandescente de 60W, enquanto que a lâmpada fluorescente compacta de 11W e a lâmpada LED de 4W equivalem a uma lâmpada incandescente de 40W.

Tabela 5. Posse média de lâmpadas por domicílio - 2005-2050

Tipo de lâmpada	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Lâmpada LED	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	1.5	2.6	3.9	5.4	7.0
Lâmpada Fluorescente	4.0	6.0	8.1	8.9	8.7	8.5	8.4	8.1	7.6	7.0
Lâmpada Incandescente	4.0	2.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0

Adicionalmente, estimou-se que até 2050 aumentaria o número médio de lâmpadas por domicílio seguindo as tendências propostas pelo PNE 2050 (EPE, 2016). Deste modo, em 2050, cada domicílio eletrificado possuiria em média 14 lâmpadas, sendo metade fluorescente e metade LED. Logo, em 2050, um domicílio consumiria em média 203,9 kWh/ano (0,01753 tep/domicílio/ano).

Ainda no que tange à iluminação, vale destacar que em 2005 havia uma parcela da população brasileira que não tinha acesso à energia elétrica. Esta parcela composta majoritariamente por domicílios da região rural do país atendia na maioria das vezes ao uso iluminação através do uso de lampiões a querosene, como revelam SERPA (2001) e ACHÃO (2003). Desta forma, assumiu-se que 80% dos domicílios rurais não eletrificados faziam uso de lampiões a querosene para iluminação. O consumo de energia deste equipamento equivale a 0,01595 tep/ano/domicílio. Contudo, espera-se que o consumo de querosene para iluminação tenda a zero, dado que se assumiu como verdadeira a hipótese de que com o Programa Luz para Todos os domicílios estarão eletrificados até 2030 (EPE, 2012b; EPE, 2014d; EPE, 2014e).

4.3.2. Refrigeração de Alimentos

Quanto ao uso final *Refrigeração de Alimentos*, dois tipos de equipamentos estão presentes na residência média brasileira: refrigerador e freezer. De acordo com os dados da PNAD 2005 (IBGE, 2013), 92,5% dos domicílios urbanos possuíam refrigeradores, enquanto apenas 63 % dos domicílios rurais possuíam tal equipamento. Com relação a freezer, 24% dos domicílios urbanos possuíam este equipamento, ao passo que na região rural esse percentual caía para 17%.

De acordo com o PROCEL (2007), também em 2005, a posse média dos equipamentos por domicílio que possuía pelo menos uma unidade do equipamento era de aproximadamente 1 refrigerador. Espera-se que a posse média deste equipamento cresça até o ano de 2050 chegando a 101% e 100% respectivamente no caso dos domicílios urbanos e dos domicílios rurais. Ademais, haverá a tendência da redução do consumo anual de energia elétrica do estoque de geladeiras no Cenário de Plano Governamental, devido ao uso de equipamentos tanto mais eficientes. Isso se deve à tendência de cada vez existir mais domicílios habitados por uma só pessoa. Já no caso do freezer, acredita-se que este equipamento passe a ser menos frequente nos domicílios brasileiros. Deste modo, espera-se que a posse média de freezer pelos domicílios brasileiros desça ao patamar de 15% em 2050.

Por fim, vale ainda ressaltar que neste CPG considerou-se, para os refrigeradores, ganhos de eficiência energética anuais de 0,5% e para os freezers de 0,9%, adaptando as previsões da Nota Técnica 16/12 (EPE, 2012b). Estes ganhos de eficiência foram estipulados de modo a representar o consumo médio dos equipamentos divulgados no PNE 2030 (EPE, 2007) e no PNE 2050 (EPE, 2016), assim como nos PDE 2021 (EPE, 2012a; EPE, 2012b), PDE 2022 (EPE, 2014a; EPE, 2014b), PDE 2023 (EPE, 2014c) e PDE 2024 (EPE, 2015). Logo, no Cenário de Plano Governamental, o consumo médio de um refrigerador médio passaria de 439 kWh/domicílio/ano (0,03775 tep/domicílio/ano) em 2005 para 278 kWh/domicílio/ano (0,0222 tep/domicílio/ano) em 2050. Por outro lado, o consumo médio de energia do equipamento freezer médio evoluiria de 570 kWh/domicílio/ano (0,04901 tep/domicílio/ano) em 2005 para 363 kWh/domicílio/ano (0,03123 tep/domicílio/ano) em 2050.

Tabela 6. Posse média de Refrigeradores e Freezers por domicílio - 2005-2050

Equipamentos	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Domicílios Urbanos										
Refrigerador	93%	96%	100%	100%	100%	100%	101%	101%	101%	101%
Freezer	24%	20%	18%	17%	16%	15%	14%	14%	13%	12%
Domicílios Rurais										
Refrigerador	63%	74%	85%	96%	98%	100%	100%	100%	100%	100%
Freezer	17%	17%	17%	16%	16%	15%	15%	15%	15%	15%

Tabela 7. Consumo médio dos Refrigeradores e Freezers por domicílio - 2005-2050

Equipamento (kWh)	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Freezer	570	529	498	476	455	435	416	398	380	363
Refrigerador	439	366	332	323	315	308	300	293	285	278

4.3.3. Condicionamento de Ambiente

No que se refere ao uso final Condicionamento de Ambiente, este se divide em dois equipamentos básicos: ar condicionado e ventilador.

Em 2005, 11% dos domicílios urbanos possuíam um aparelho de ar condicionado, segundo o PNE 2030 (EPE, 2007). Considerou-se que os domicílios rurais não possuíam aparelhos de ar condicionado devido à menor renda média nesta região.

O equipamento ventilador encontrava-se presente em 78% dos domicílios brasileiros (urbanos e rurais) em 2005, segundo a pesquisa amostral do PROCEL (2007). O consumo anual deste equipamento, que é ligado apenas em média nos 4 meses mais quentes do ano, é equivalente a 70 kWh/mês (0,006 tep/ano).

Para a evolução do consumo de energia referente ao uso final Condicionamento Térmico, estima-se que haveria um aumento significativo apenas na posse média de aparelhos de ar condicionado nos domicílios urbanos, continuando estável, portanto a posse média de ventiladores pelos domicílios. Desta forma, a posse média de aparelhos de ar condicionado nos domicílios urbanos chegaria a 57,2 % em 2050, seguindo as tendências demonstradas por EPE (2007), EPE (2012a), EPE (2012b), EPE (2014a), EPE (2014b), EPE (2014c) e EPE (2014d), EPE (2015) e EPE (2016).

Neste Cenário de Plano Governamental, também se considerou que os aparelhos de ar condicionado apresentariam ganhos de eficiência energética anuais de 0,5%, valor proposto pelo PDE 2024 (EPE, 2015) e pelo PNE 2050 (EPE, 2016). Portanto, o consumo médio anual de um equipamento médio de ar condicionado passaria de 615 kWh/domicílio/ano (0,05292 tep/domicílio/ano) em 2005 para 418 kWh/domicílio/ano (0,03882 tep/domicílio/ano) em 2050.

Tabela 8. Posse média e Consumo médio de Aparelhos de Ar Condicionado pelos domicílios urbanos e respectivo consumo médio de – 2005-2050

Aparelhos de Ar Condicionado	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Posse média	11.0%	21.0%	28.5%	32.4%	36.2%	40.0%	44.3%	48.6%	52.9%	57.2%
Consumo médio (kWh)	615	566	535	516	499	481	465	449	433	418

4.3.4. Aquecimento de Água

Juntamente com informações cedidas pelo PROCEL (2007), foram considerados os dados do PNE 2050 (EPE, 2016) e do PDE 2021 (EPE, 2012a; EPE, 2012b) referentes ao consumo de energia e à posse de equipamentos dos domicílios para atender ao uso final aquecimento de água. Segundo o PROCEL (2007), 80,9 % dos domicílios urbanos brasileiros aqueciam água para banho no ano de 2005

utilizando chuveiro elétrico (90,85%), chuveiros a GLP (4,4%), a Gás Natural (4,4%) e até mesmo Termossolares (0,35%).

Já a posse de aquecedores de água pelos domicílios rurais foi estimada com base nos dados do PNE 2050 (EPE, 2016) subtraindo as parcelas referentes aos domicílios urbanos. Como resultado, encontrou-se que apenas 70% dos domicílios rurais aqueciam água em 2005. Ademais, como na região rural não havia acesso à rede de gás natural, considerou-se que o aquecimento de água para banho era realizado apenas através de chuveiros elétricos (98%) e chuveiros a GLP (2%).

Na Tabela 9, é demonstrada a evolução da posse de equipamentos para aquecimento de água considerada neste estudo baseada em dados do PNE 2050 (EPE, 2016).

Tabela 9. Estimativas da Evolução da Posse de Aquecedores de Água 2005-2050

Domicílios Urbanos						
	2005	2010	2020	2030	2040	2050
<i>Porcentagem de Domicílios Urbanos que Aquecem Água</i>	80.9%	80.9%	81.8%	82.6%	83.3%	84.0%
<u>Tipos de Aquecedores de Água</u>						
Chuveiro Elétrico	90,8%	88%	77%	70%	61%	51%
Aquecedor Termossolar	0,4%	4%	12%	14%	16%	18%
Aquecedor a Gás Natural	4,4%	5%	8%	13%	20%	26%
Aquecedor a GLP	4,4%	3%	2%	3%	4%	4%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Domicílios Rurais Eletrificados						
	2005	2010	2020	2030	2040	2050
<i>Porcentagem de Domicílios Rurais que Aquecem Água</i>	70,00%	70.0%	71.0%	72.0%	72.5%	73.0%
<u>Tipos de Aquecedores de Água</u>						
Chuveiro Elétrico	98%	94%	86%	85%	83%	81%
GLP	2%	2%	2%	1%	1%	1%
Termossolar	0%	4%	12%	14%	16%	18%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fonte: Elaboração Própria com base no PNE 2050 (EPE, 2016)

É previsto no CPG que 18,1% dos domicílios que aquecem água devem fazê-lo por meio do aquecedor termossolar em 2050, de acordo com o PNE 2050 (EPE, 2016). Estima-se que o SAS como um substituto do chuveiro elétrico seja responsável em média por uma economia de 75% no consumo de energia elétrica frente o chuveiro elétrico (EPE, 2012b; GOUVELLO, 2010).

Segundo a ABRAVA (2013), a maioria dos domicílios com aquecedor termossolar estaria concentrada na Região Sudeste da qual é importante destacar as cidades de Belo Horizonte e São Paulo. Na primeira, foi instituída a Lei nº 9.415/2007 que previa a criação de incentivos fiscais destinados a

proprietários de edificações que como fonte para aquecimento de água utilizassem energia solar, GLP e gás natural; já na segunda cidade, encontra-se a Lei nº 14.459/2007 estabelece a obrigatoriedade da instalação de sistemas de aquecimento de água por energia solar nos prédios novos que utilizam água quente e nas residências com 4 banheiros ou mais do município. Porém, os mesmos estudos (EPE, 2012b; ABRAVA, 2013), estimam ainda que haverá o crescimento da posse de aquecedores termossolares impulsionada principalmente pelo Programa Minha Casa Minha Vida e pelo Programa de Eficiência Energética da ANEEL.

Ainda sobre o uso final Aquecimento de Água, é previsto também um aumento no consumo de gás natural pelos domicílios urbanos. Assim, foi previsto que a posse média de aquecedores de água a gás natural cresceria 0,03 em 2005 para 0,19 em 2050. Esta é uma estimativa adaptada do PNE 2050 (EPE, 2016).

O consumo de energia de cada um dos tipos de aquecedores de água foi calculado com base em dados do EPE (2007) e CONPET (2013a), conforme discriminado na Tabela 10. É importante ainda ressaltar que neste cenário assumiu-se que os chuveiros elétricos presentes nas residências apresentariam aumentos anuais de consumo específico de 0,5%, como era previsto PDE 2024 (EPE, 2015). Isso é esperado devido à aquisição de novos chuveiros elétricos de maior potência resultante da melhoria da renda média das famílias brasileira.

Tabela 10. Consumo de Energia dos Tipos de Aquecedores de Água - 2005

Tipo de Aquecedor de água	Consumo anual do aquecedor de água (tep)
Chuveiro Elétrico	0,05235
Aquecedor a Gás Natural	0,07800
Aquecedor a GLP	0,21000
Aquecedor Termo- Solar	0,01309

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2007) e CONPET (2013a)

4.3.5. Cocção de Alimentos

Com relação ao uso final cocção, em 2005, 98,5% dos domicílios urbanos possuíam fogão frente a 92,2% dos domicílios rurais que possuíam o mesmo equipamento, de acordo com dados da PNAD 2005 (IBGE, 2013). Utilizando os dados sobre a distribuição dos tipos de fogão do PNE 2050 (EPE, 2014e), considerou-se que os domicílios urbanos em 2005 só faziam uso de fogões a gás natural e a GLP¹. Enquanto, que os domicílios rurais utilizavam lenha, carvão vegetal e GLP. É importante ainda

¹É possível que alguma parcela destes domicílios utilizasse lenha e carvão vegetal para cocção, porém assumiu-se que esta era uma parcela não significativa.

frisar que nestas regiões mais afastadas dos grandes centros e do comércio há a tendência de a fonte energética mais utilizada na cocção ser a lenha, devido ao fato de poder ser recolhida nas proximidades sem custos para o consumidor (ACHÃO, 2003). Desta forma, considera-se que a lenha teria um papel ainda mais relevante para o uso cocção nos domicílios rurais não eletrificados, que provavelmente se encontram em locais de mais difícil acesso.

Na Tabela 11, é demonstrada a evolução da posse de equipamentos para o uso final cocção de alimentos considerada neste estudo baseada em dados do PNE 2050 (EPE, 2016).

Tabela 11. Estimativas da Evolução da Posse de Fogões - 2005-2050

Domicílios Urbanos						
	2005	2010	2020	2030	2040	2050
<i>Porcentagem de Domicílios Urbanos que Possuem Fogão</i>	98,50%	99%	99%	100%	100%	100%
<u>Tipos de Fogão</u>						
Fogão a GLP	99%	97%	95%	91%	84%	76%
Fogão a Gás Natural	2%	3%	6%	7%	14%	22%
Fogão Elétrico	0%	0%	0%	1%	1%	2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Domicílios Rurais Eletrificados						
	2005	2010	2020	2030	2040	2050
<i>Porcentagem de Domicílios Rurais que Possuem Fogão</i>	92%	94%	96%	97%	98%	98%
<u>Tipos de Aquecedores de Água</u>						
Fogão a GLP	12%	15%	25%	30%	35%	39%
Fogão à Lenha	80%	79%	71%	66%	62%	57%
Fogão a Carvão Vegetal	7%	5%	5%	4%	4%	3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaboração Própria com base no PNE 2050 (EPE, 2016) e no PDE 2021 (EPE, 2012a; EPE, 2012b)

Quanto ao consumo energético referente à cocção, assumiu-se que os fogões a GLP e a gás natural eram utilizados cerca de 1 hora por dia durante todo o ano (PROCEL, 2013). Quanto aos consumos médios, estes foram estimados com base em LIQUIGÁS (2013), CONPET (2013), UHLIG (2008), UHLIG (2011) e REGUEIRA (2010) e se encontram descritos na Tabela 12.

Tabela 12. Consumo de Energia pelos Tipos de Fogão – 2005

Tipo de Fogão	Consumo anual de fogão (tep)
Fogão a Gás Natural	0,05100
Fogão a GLP	0,12300
Fogão à Lenha	1,31990
Fogão a Carvão Vegetal	1,16400

Fonte: Elaboração própria a partir de CONPET (2031b), LIQUIGÁS (2013), UHLIG (2008), UHLIG (2011) e REGUEIRA (2010)

Assumiu-se que padrões mais rígidos e obrigatórios de eficiência para os fogões a GLP seriam adotados a partir de 2017 no Cenário de Plano Governamental. Em outras palavras, o índice de eficiência dos queimadores evoluiria de aproximadamente 60% em 2005 para 68% em 2050. Como o selo CONPET considera eficientes os fogões que apresentam índice de eficiência igual ou superior a 63%, em 2050 o estoque de equipamentos seria 5 pontos percentuais mais eficiente do que o critério de eficiência estabelecido hoje pelo selo CONPET (INMETRO,2014). O índice de eficiência de 68% para queimadores já é encontrado em alguns fogões a GLP disponível atualmente no mercado, segundo o INMETRO (2014), porém segundo PANTANGI et al. (2011) este nível de eficiência é um dos mais altos possíveis de serem alcançados por queimadores de fogões a GLP.

O consumo anual de energia dos fogões a GLP existentes e respectivos substitutos eficientes estão descritos na Tabela 13 e foram calculados com base nos índices de eficiência para queimadores do INMETRO (2014) e no estudo de TINEL & RIBEIRO (2013). No entanto, não foi possível determinar preços relativos entre os dois tipos de fogão, dado que a variável eficiência ainda não se caracteriza como significativa para a determinação do preço destes equipamentos, como mostrou MENDONÇA et al. (2008).

Tabela 13. Consumo Médio de GLP dos Fogões

Equipamentos	Consumo de Energia (tep/ano/domicílio)
Fogão a GLP existente (índice de eficiência = 60%)	0,1217
Fogão a GLP eficiente CONPET (índice de eficiência = 63%)	0,1150
Fogão a GLP mais eficiente (índice de eficiência = 68%)	0,1050

Fonte: IES-BR (2015) com base em MELO (2009), CARDOSO (2008) e GOUVELLO (2009)

Ainda sobre o uso final *Cocção de Alimentos*, espera-se o aumento no consumo de gás natural nos domicílios urbanos e a substituição do consumo de lenha e carvão vegetal por GLP nos domicílios rurais. Já, nos domicílios urbanos, a expectativa é de que irá aumentar a participação percentual dos domicílios que utilizam fogões a gás natural. Ademais, devido aos novos padrões de estilo de vida e à tendência da redução do número de pessoas por domicílio, espera-se que a posse média de micro-ondas por domicílio urbano passe de 0,35 para 0,69, entre 2005 e 2050.

4.3.6. Outros Usos Finais

Por fim, o presente Cenário estima, com base na Nota Técnica 16/12 (EPE, 2012b), no PDE 2021 (EPE, 2012a), na Nota Técnica 10/14 (EPE, 2014b), no PDE 2022 (EPE, 2014a), no PDE 2023 (EPE, 2014c), PDE 2024 (EPE, 2015), no PNE 2030 (EPE, 2007) e no PNE 2050 (EPE, 2016), que tende a crescer a posse média de outros usos em todo o território brasileiro. Segundo o PROCEL (2007), aproximadamente 44% dos domicílios brasileiros tinham algum equipamento do grupo outros usos, assumiu-se as posses médias de 50% e 40% para os domicílios urbanos e para os domicílios rurais eletrificados respectivamente. Já com relação ao consumo de energia elétrica por estes equipamentos incluídos na categoria outros usos, assumiu-se um consumo médio de 254 kWh/ano/domicílio (0,02185 tep/ano/domicílio) em 2005.

Considerou-se também que o consumo de energia elétrica dos equipamentos de outros usos também iria aumentar consideravelmente. Desta forma, em 2050, esta categoria seria responsável pelo consumo médio de 1744 kWh/domicílio ano (0,15 tep/domicílio/ano), coerente com o consumo estimado pelo PNE 2030 (EPE, 2007) e pelo PNE 2050 (EPE, 2016). Adicionalmente, estima-se que todos os domicílios brasileiros passem a possuir equipamentos que compõem a categoria outros usos. Estas variações na posse e no consumo médio deste conjunto de equipamentos são compatíveis com as previsões da EPE para participação dos usos finais no consumo total de energia elétrica (EPE, 2007).

Segundo a EPE (2016), a maior participação dos outros usos no consumo de energia elétrica dos domicílios é mais do que esperada, dado que esta categoria representava 45% do consumo de energia elétrica dos domicílios norte-americanos ainda em 2001 EIA (2001)² apud EPE (2012b) e 55% em 2009 (EPE,2016), enquanto que no caso dos domicílios brasileiros em 2005 esta mesma categoria não chegava a responder nem por 20% do consumo total de energia elétrica. O PNE 2050 (EPE, 2016) estima que haverá significativo aumento da posse de outros equipamentos eletroeletrônicos, correspondendo a 50% do consumo de energia elétrica em 2050. Deste modo, assumiu-se neste CPG que a categoria outros usos seria responsável por 54% do consumo de energia elétrica médio de um domicílio.

² EIA – Energy Information Administration. Residential Energy Consumption Survey [RECS]. Residential Consumption of Electricity by End Use, 2001. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/recs/recs2001/enduse2001/enduse2001.html>>.

5. Resultados obtidos após iteração com IMACLIM

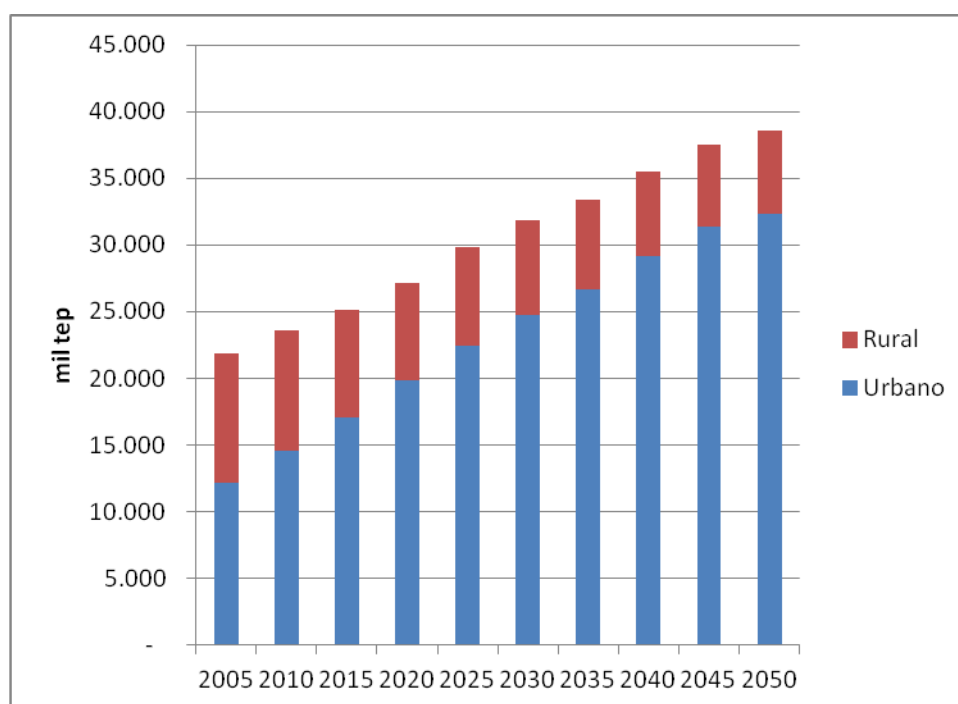
Nesta seção, estão apresentados os resultados encontrados através da modelagem feita no LEAP para estimar o CPG para o consumo de energia no Setor Residencial brasileiro para o período 2005-2050. Como dito anteriormente, além das mudanças nas variáveis demográficas previstas para o período, este cenário assume também as previsões de ganhos de eficiência energética divulgadas na Nota Técnica 16/12 (EPE, 2012b), no PDE 2022 (2014a), no PDE 2023 (2014c), no PDE 2024 (2015) e no PNE 2050 (EPE, 2016).

Na Tabela 14 e na Figura 1, é possível ver como se comportaria o consumo de energia no Setor Residencial brasileiro no período 2005 - 2050 seguindo a divisão entre domicílios urbanos e rurais.

Tabela 14. Estimativas do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Domicílios Urbanos e Domicílios Rurais – CPG 2005-2050

Fonte Energética	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Urbano	12.166	14.589	17.063	19.889	22.452	24.778	26.693	29.174	31.399	32.333
Rural	9.663	8.965	8.088	7.272	7.386	7.097	6.693	6.362	6.146	6.285
Total	21.829	23.554	25.152	27.161	29.838	31.875	33.386	35.536	37.545	38.618

Fonte: IES-Brasil (2016)



Fonte: IES-Brasil (2016)

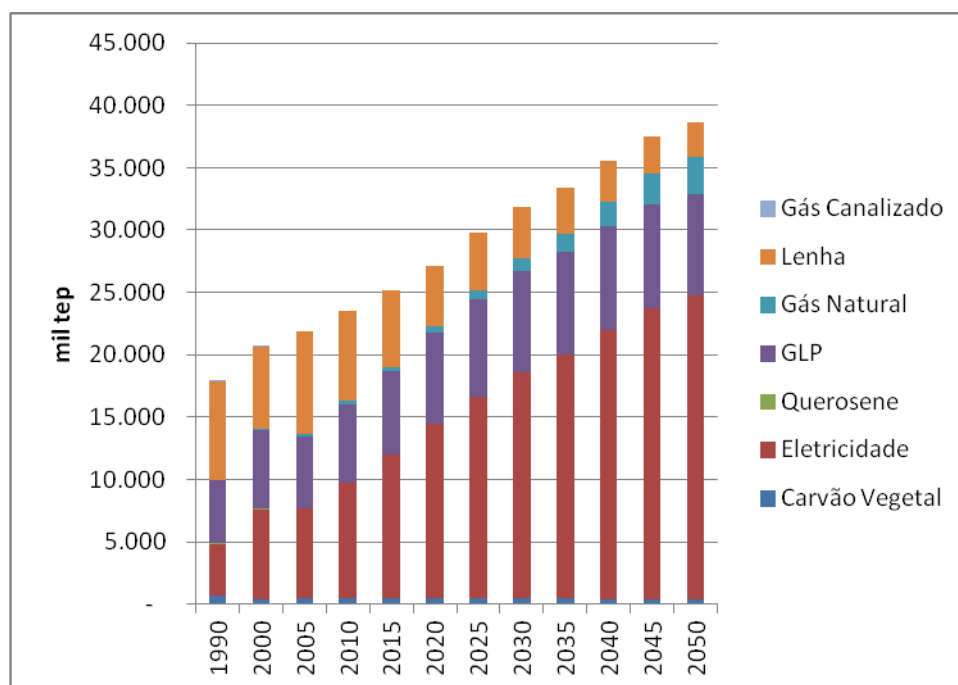
Figura 1. Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Domicílios Urbanos e Rurais – CPG 2005-2050

Já na Tabela 14 e na Figura 2, podemos visualizar como se comportaria, segundo o CPG estimado neste trabalho, o consumo de energia no Setor Residencial de 2005 a 2050, de acordo com os tipos de fonte energética: eletricidade, gás natural, GLP querosene, lenha e carvão vegetal. É possível ainda verificar que há um aumento significativo na participação da energia elétrica no balanço energético referente ao consumo do Setor Residencial até o ano de 2030.

Tabela 15. Estimativas do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Fonte Energética – CPG 1990-2050

Fonte Energética	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Carvão Vegetal	639	409	517	509	473	487	489	461	436	415	398	404
Eletricidade	4.184	7.188	7.155	9.212	11.553	13.996	16.171	18.076	19.602	21.519	23.319	24.388
Querosene	128	36	17	4	3	2	1	-	-	-	-	-
GLP	4.988	6.325	5.713	6.298	6.639	7.243	7.768	8.196	8.234	8.371	8.371	8.039
Gás Natural	4	100	191	255	336	535	733	952	1.381	1.906	2.484	3.010
Lenha	7.960	6.570	8.235	7.276	6.149	4.898	4.677	4.189	3.733	3.326	2.972	2.776
Gás Canalizado	91	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	17.994	20.688	21.829	23.554	25.152	27.161	29.838	31.875	33.386	35.536	37.545	38.618

Fonte: Autores



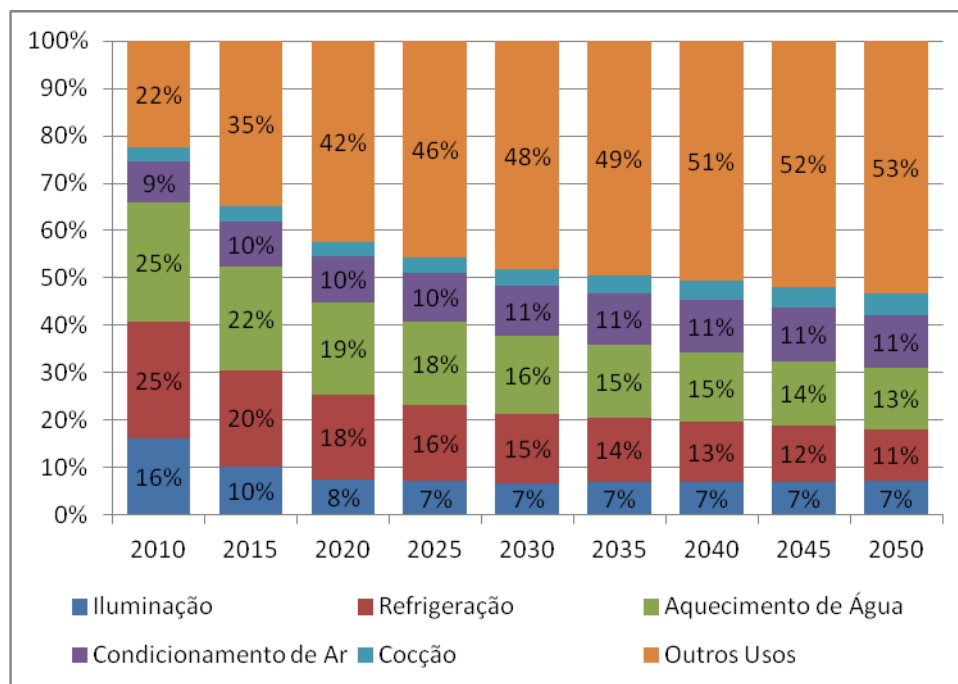
Fonte: Autores

Figura 2. Evolução do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Residencial por Fonte – CPG – 1990-2050

É importante frisar que a modelagem conseguiu reproduzir a estrutura do consumo de energia total do Balanço Energético Nacional para os anos de 2005, 2010 e 2015 (Tabela 10), assim como se buscou adaptar para o CPG as premissas propostas no PNE 2050 (EPE, 2016) para evolução da estrutura do consumo de energético residencial. Como o consumo de energia do setor residencial é influenciado pela evolução da renda per capita e este estudo considera um crescimento mais brando para o PIB ao longo do período 2005-2050 em comparação com o PNE 2050, o CPG resultou em um consumo de energia das famílias de 38.618 ktep em 2050, 11% menor do que o estimado pelo PNE 2050 para o mesmo ano.

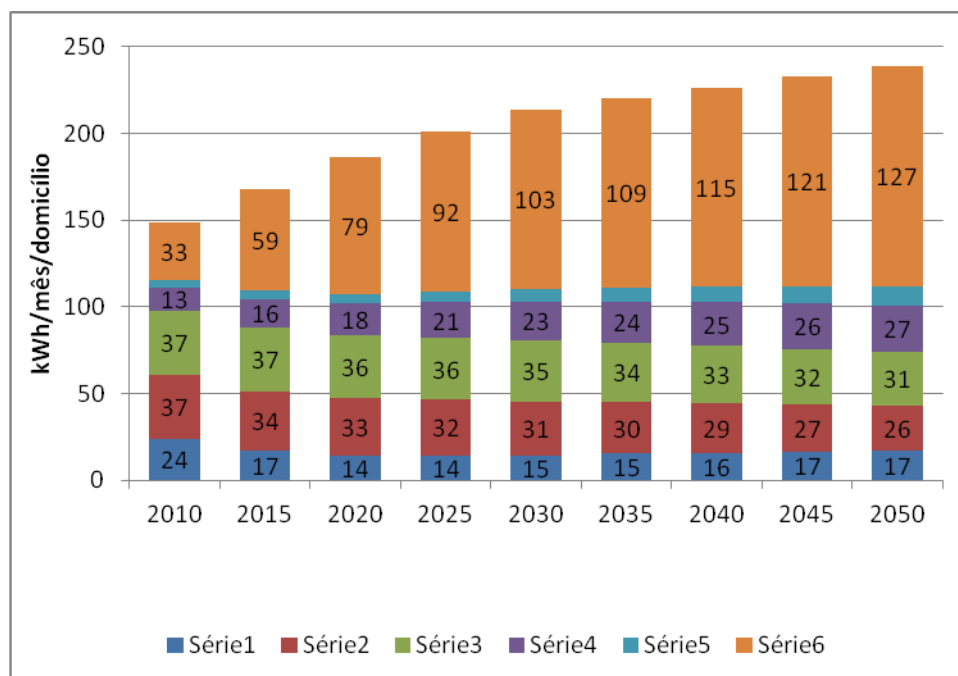
Ainda sobre os resultados do Cenário de Plano Governamental, o consumo de energia médio por domicílio apresentou uma ligeira queda entre 2005 e 2050. Em 2005, cada domicílio seria responsável pelo consumo aproximado de energia de 0,413 tep/domicílio/ano, ao passo que em 2050 este consumo passaria para 0,390 tep/domicílio/ano. A explicação para este declínio no consumo médio de energia por domicílio está na grande redução do consumo de lenha, carvão vegetal e GLP para cocção pelos domicílios, que foi suficiente para compensar o aumento do consumo médio de eletricidade e gás natural por domicílio.

Adicionalmente, a Figura 3 e a Figura 4 mostram como se comportou o consumo de energia elétrica por uso final, com destaque para o aumento da participação dos outros usos finais no consumo de energia elétrica entre 2010 e 2050. O consumo anual de eletricidade por habitante passou de 449 kWh/habitante/ano em 2005 para 1253 kWh/habitante/ano em 2050. O crescimento do consumo de eletricidade per capita acompanhou o crescimento da renda per capita considerado (de R\$ 24 mil para R\$ 66 mil em valores correntes de 2015). Já, o consumo médio mensal de eletricidade de um domicílio passou de 149 kWh/mês domicílio em 2010 para 239 kWh/mês/domicílio em 2050.



Fonte: Autores

Figura 3. Participações dos Usos Finais no Consumo de Energia Elétrica do Setor Residencial– 2010-2050



Fonte: Autores a partir de EPE (2007)
* - Cenário Surfando na Marola (B1)

Figura 4. Consumo Médio Mensal de Energia elétrica pelos Usos finais do Setor Residencial – 2010 -2050

Por fim, na Tabela 16, é possível observar como evoluem as emissões de GEE referentes ao consumo de energia no Setor Residencial.

Tabela 16. Emissões Totais (MtCO₂e) do Setor Residencial no CPG por Fonte – 1990-2050

Fonte Energética	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Eletricidade	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Carvão Vegetal	0,176	0,173	0,161	0,166	0,166	0,157	0,148	0,141	0,136	0,137
Lenha	9,825	8,681	7,336	5,843	5,580	4,998	4,453	3,968	3,546	3,313
GLP	15,182	16,736	17,372	19,234	20,628	21,767	21,869	22,237	22,238	21,360
Gás Natural	0,450	0,603	0,736	1,263	1,730	2,249	3,261	4,499	5,866	7,107
Querosene	0,051	0,013	0,008	0,006	0,003	-	-	-	-	-
Total	25,684	26,206	25,612	26,512	28,107	29,171	29,732	30,845	31,785	31,917
<i>Eletricidade</i>	*	*	*	*	*	*	*	*		*
<i>Carvão Vegetal</i>	1,000	0,984	0,914	0,942	0,944	0,892	0,843	0,801	0,770	0,781
<i>Lenha</i>	1,000	0,884	0,747	0,595	0,568	0,509	0,453	0,404	0,361	0,337
<i>GLP</i>	1,000	1,102	1,144	1,267	1,359	1,434	1,440	1,465	1,465	1,407
<i>Gás Natural</i>	1,000	1,337	1,634	2,803	3,841	4,991	7,238	9,988	13,020	15,775
<i>Querosene</i>	1,000	0,250	0,151	0,113	0,060	-	-	-	-	-
<i>Total</i>	1,000	1,020	0,997	1,032	1,094	1,136	1,158	1,201	1,238	1,243

Fonte: IES-Brasil (2016)

6. Prospecção tecnológica para cenários de mitigação

SETOR	Residencial			
Unidade Principal	kWh/domicílio/ano			
Nova Tecnologia				
Nome	Aquecedor Termo Solar			
Descrição Geral	Substituição do Chuveiro Elétrico por Aquecedor Termo Solar 1 Boiler Reservatório de 300 Litros de Capacidade (3 pessoas, clima quente, 10 min de banho/pessoa) +3 Placas Coletoras de 1 m ² cada + 1 Válvula Anti-Congelante + Mão de Obra Especializada			
Método de Projeção	A cada 5 anos a posse de aquecedores termo solares cresce 1 p.p. nos domicílios brasileiros			
Região	Domicílios Urbanos e Rurais Principalmente das Regiões SE, S e CO (~70% dos dom - Censo2010)			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo (PNE 2050)	Nível Máximo (EBC Banco Mundial 2010)
	2020	80 m ² /1000 hab (10,3%)	96 m ² /1000 hab (10,5%)	110 m ² /1000 hab (12%)
	2030	126 m ² /1000 hab (14,3%)	140 m ² /1000 hab (13,8%)	183 m ² /1000 hab (18%)
	2040	158 m ² /1000 hab (16,3%)	190 m ² /1000 hab (17,3%)	264 m ² /1000 hab (24%)
	2050	193 m ² /1000 hab (18,3%)	240 m ² /1000 hab (20,1%)	356 m ² /1000 hab (30%)
Investimento (US\$/unidade) Data do câmbio: R\$ 2015	2016: R\$ 2.797 (R\$2.331 o equipamento + R\$466 de mão de obra e encanamento) 2020: 2030: R\$2.331 (R\$1.865 o equipamento + R\$466 de mão de obra e encanamento) 2040: 2050: R\$ 1.865 (R\$1.398 o equipamento + R\$466 de mão de obra e encanamento)			
Elementos de custo Data do câmbio: R\$ 2015	1) Investimento inicial por propriedade: R\$ 2.331, o equipamento 2) Custo adicional por propriedade/ano: R\$ 466, a mão de obra e encanamento 3) Economia na eletricidade por propriedade/ano: Economiza 75% comparado com o chuveiro elétrico Chuveiro Elétrico: 600 kWh/domicílio/ano Termossolar: 150kWh/domicílio/ano			
Interrelação com outros setores	Setor geração elétrica			
Dificuldade de penetração <i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média baixa, 3= Média</i>		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:	1	1	Tecnologia consolidada, porém exige mão de obra especializada.

<i>alta, 4= Alta</i>	Econômicas:	2	2	O equipamento ainda é caro perante o chuveiro elétrico (R\$ 50 – 100)
	Financeiras:	2	2	O fato de o consumidor ter que pagar a mão de obra à vista pode ser um problema, porém já existem lojas que oferecem a possibilidade parcelar o custo da mão de obra junto com equipamento.
	Político-institucionais:	2	2	Já vem sendo registrados avanços legislativos em Goiânia, Vitória, Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte (instituição de leis que garantem incentivos fiscais às edificações que utilizam aquecedores solares ou mesmo que estabeleçam a obrigatoriedade do uso de aquecedores solares). A posse de aquecedores termo solares tb é incentivada pelo Programa Minha Casa Minha Vida, pelo Programa de Eficiência Energética da ANEEL e pelos programas de IPTU Verdes municipais.
	Outras:			
Externalidades (em relação à baseline)	<p>Ambientais: Reduz em 75% a emissões relativas ao uso de aquecimento direto atendido por eletricidade</p> <p>Sociais:</p> <p>Econômicos: Reduz o pico de demanda do setor residencial, colaborando para a redução do custo da energia elétrica</p>			
Referências bibliográficas:	<p>PNE 2050, Estudo de Baixo Carbono do Banco Mundial 2010, DDPP http://www.transsen.com.br/seu-projeto Pesquisa de Preço: Mercado Livre</p>			

SETOR	Residencial			
Unidade Principal	kWh/domicílio/ano			
Nova Tecnologia				
Nome	Lâmpada LED			
Descrição Geral	Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por Lâmpadas LED Lâmp Incand 60W ~ Lâmp Fluor 15W ~ Lâmp LED 6W			
Método de Projeção	De 2018 a 2030, a posse de lâmpadas led cresce 1 p.p. por ano e a partir de 2030 até 2050, é verificado um crescimento médio de 1,8 p.p. por ano. Número médio de lâmpadas passa de 8/domicílio em 2005 para 14/domicílio em 2050			
Região	Domicílios Urbanos e Rurais (87,8% dos domicílios em 2050 serão urbanos) Principalmente das Regiões SE, S e CO (~70% dos dom – CENSO 2010)			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	10% (29 milhões de lâmpadas LED)		20% (58 milhões de lâmpadas LED)
	2030	25% (89 milhões de lâmpadas LED)		50% (178 milhões de lâmpadas LED)
	2040	35% (168 milhões de lâmpadas LED)		75% (360 milhões de lâmpadas LED)
	2050	50% (261 milhões de lâmpadas LED)		100% (522 milhões de lâmpadas LED)
Investimento (US\$/unidade) Data do câmbio: R\$ 2015	2016: R\$ 14,00/lâmpada LED (+- R\$ 5 a mais que a fluorescente de 15W) 2020: 2030: R\$11,2/lâmpada LED 2040: 2050: R\$ 9,3/lâmpada LED			
Elementos de custo Data do câmbio: R\$ 2015	<ol style="list-style-type: none"> Investimento inicial por propriedade: R\$ 112-168 /domicílio Vida Útil: LED: 50.000 horas (até 30 anos) Fluorescente: 6.000 horas (até 4 anos) Economia na eletricidade por propriedade/ano: Economiza 90% de energia se comparada com uma lâmpada incandescente equivalente e 60% se comparada com uma lâmpada fluorescente 			
Interrelação com outros setores	Setor geração elétrica			
Dificuldade de penetração <i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média</i>		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:	1	1	A Tecnologia já consolidada.

<i>baixa, 3= Média alta, 4= Alta</i>	Econômicas:	1	1	A Tecnologia está cada vez mais barata.
	Financeiras:	1	1	
	Político- institucionais:	2	2	O banimento da venda de lâmpadas incandescentes previsto para ocorrer em 2017, conforme determinado na Portaria Interministerial MME/MCTI e MDIC nº 1.007/2010 (EPE, 2012b), já vem ocorrendo um incentivo indireto à entrada das lâmpadas LED no mercado.
	Outras:			
Externalidades (em relação à baseline)	<p>Ambientais: Reduz em 60% as emissões relativas ao uso de iluminação no setor residencial.</p> <p>Sociais:</p> <p>Econômicos: Reduz o pico de demanda do setor residencial e conseqüentemente o custo da energia elétrica.</p>			
Referências bibliográficas:	<p>PNE 2050, DDPP</p> <p>Pesquisa de Preço: Mercado Livre</p>			

7. Referências bibliográficas

- ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Revista *Abrava*, n. 16, maio 2013. Disponível em: <http://www.abrava.com.br> Acessado em: 1º de julho de 2014.
- ACHÃO, C.C.L.. *Análise da estrutura de consumo de energia pelo Setor Residencial brasileiro*. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2003.
- CARDOSO, R. B.. *Avaliação da Economia de Energia atribuída ao Programa Selo Procel em Freezers e Refrigeradores*. Itajubá: UNIFEI. 2008.
- CONPET. *Consulta de Aquecedores de Água a Gás, Fogões e fornos a Gás – Programa Brasileiro de Etiquetagem*. Disponível em: <http://consultaaquecedores.petrobras.com.br/Forms/TabelaConsumo.aspx>. Acessado em: 20 de dezembro de 2013.
- DEFRA. *Saving Energy Through Better Products and Appliances A report on analysis, aims and indicative standards for energy efficient products 2009 – 2030*. 2009. Disponível em: <http://archive.defra.gov.uk/environment/economy/documents/energy-products-1209.pdf>. Acessado em 8 de agosto de 2014.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. *Plano Nacional de Energia 2030*. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia – MME. 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2012-2021*. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2012a.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Nota Técnica DEA 16/12 : Avaliação da Eficiência energética para os próximos 10 anos (2012-2021): Estudos de Demanda*. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2012b.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. *Balanco Energético Nacional 2013- Ano Base 2012*. Rio de Janeiro, EPE, Ministério das Minas e Energia. 2013.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2013-2022*. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2014a.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Nota Técnica DEA 10/14 : Consumo de Energia no Brasil: Análises Setoriais*. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2014b.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2014-2023*. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2014c.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Nota Técnica DEA 12/14 : Cenário Econômico 2050* . Série Estudos Econômicos. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2014d.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2015-2024*. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2015.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. *Nota Técnica DEA 13/14 : Demanda de Energia 2050*. Série Estudos da Demanda de Energia. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2016.

- GOUVELLO, C.. *Estudo de baixo carbono para o Brasil*. Washington. Estados Unidos: Banco Mundial. 2010.
- HEAPS, C.. *Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system*. [Software version 2012.0049]. Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. Disponível em: <http://www.energycommunity.org> Acessado em: setembro de 2013.
- IEA. *Energy Technology Perspectives 2014 - Harnessing Electricity's Potential*. 2014.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. *Tabela de consumo/eficiência energética do Selo CONPET de Eficiência Energética para fogões*. Programa Brasileiro de Etiquetagem. Jan, 2014 .
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Dados do Sidra*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/default.asp> Acessado em: 12 de dezembro de 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060*. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/ Acessado em: 12 de março de 2014.
- IPEADATA. Dados Sociais Demográficos. Disponível em: www.ipeadata.gov.br Acessado em: 29 de março de 2015.
- JANUZZI, G.; SWISHER, J.. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: meio ambiente, Conservação de energia e fontes renováveis*. Campinas: Autores Associados. 1997.
- LIQUIGAS. *Perguntas Frequentes – Questionamentos Técnicos*. Disponível em: [http://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIw93IwN_Cy9TAyM_L6_AAPNAI39zE_2CbEdFAPmfWrg!/>](http://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIw93IwN_Cy9TAyM_L6_AAPNAI39zE_2CbEdFAPmfWrg!/) Acessado em: 29 de dezembro de 2013.
- MELO, C. A.. *Metodologia de Avaliação de Impactos de Padrões de Eficiência Energética*. Tese de doutorado em andamento. Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas – Brasil, 2009.
- MENDONÇA, M. J.; COUTINHO, M.; SCHAEFFER, R.; COHEN, C.. *Projeto Elaboração de Ferramenta Computacional para Estimar Consumo e Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Comunidades de Baixo Poder Aquisitivo*. XVII Seminário Nacional de Distribuição de energia Elétrica. Olinda: SENDI, outubro, 2008.
- PANTANGI, V. K.; MISHRA, S. C.; MUTHUKUMAR, P.; REDDY, R.. Studies on porous radiant burners for LPG (liquefied petroleum gas) cooking applications. *Energy*, v. 36, p. 6074-6080, 2011.
- PROCEL. *Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano base 2005*. Classe Residencial, Relatório Brasil. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 2007.
- PROCEL. *Tabela de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético*. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?TeamID=%7B32B00ABC-E2F7-46E6-A325-1C929B14269F%7D> Acessado em: 29 de dezembro de 2013.
- REGUEIRA, T. M.. *Comparação entre a eficiência de dois modelos de fogão a lenha e seus impactos sobre o desmatamento da caatinga*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco/Centro de Ciências Biológicas. 2010.
- SERPA, P. M. N.. *Eletrificação Fotovoltaica em comunidade caiçaras e seus impactos socioculturais*. São Paulo: USP/Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. 2001.
- TINEL, F. P.; RIBEIRO, J. A.. Estudo sobre a Eficiência dos Fogões a Gás, Elétrico Resistivo e Elétrico Indutivo. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 9, n. 1, junho, 2013.

UHLIG, A.. Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. Universidade de São Paulo. Programa interunidades de pós-graduação em energia. São Paulo. 2008.

UHLIG, A.. Lenha e Carvão Vegetal no Brasil: Métodos para estimação do consumo e balanço oferta-demanda. 2011.