



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 de Serviços**

(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	9
3.1. Descrição da Modelagem	9
3.2. Fórmulas	10
3.3. Dados utilizados.....	11
3.4. Hipóteses	11
4. Resultados obtidos após iteração com IMACLIM	14
5. Prospecção tecnológica para cenários de mitigação	18
6. Referências bibliográficas	25

Tabelas

Tabela 1.	População Total, População Economicamente Ativa e Número de Empregados do Setor de Serviços – 2005/2010/2013	3
Tabela 2.	Produto Interno Bruto Total e do Setor de Serviços por Subsetores (em bilhões de R\$ de 2015) – 2005/2010/2013	3
Tabela 3.	Consumo Final Energético do Setor de Serviços e do Setor Público – 2005	4
Tabela 4.	Emissões de GEE do Setor de Serviços (inclui Setor Público) – 1990-2010.....	7
Tabela 5.	Participação do Biodiesel no Diesel (mistura em volume – m ³) – 2005-2050.....	13
Tabela 6.	Estimativas do Consumo de Energia (mil tep) do Setor de Serviços (incluindo Setor Público) por Fonte Energética – Cenário de Referência – 2005-2050.....	15
Tabela 7.	Distribuição do Consumo de Energia (mil tep) do Setor de Serviços (incluindo o Setor Público) por Subsetores – Cenário de Referência – 2005-2050	15
Tabela 8.	Emissões Totais (MtCO ₂ e) do Setor de Serviços (incluindo Setor Público) no Cenário de Referência por Fonte Energética– 2005-2050	17

Figuras

Figura 1.	Participação dos Usos Finais no Consumo Final Energético no Setor de Serviços por Fontes Energéticas.	5
Figura 2.	Participação das Fontes Energéticas no Consumo Final Energético no Setor de Serviços por Usos Finais – 2005	5
Figura 3.	Participação dos Usos Finais no Consumo Final Energético no Setor Público por Fontes Energéticas.	6
Figura 4.	Participação das Fontes Energéticas no Consumo Final Energético no Setor Público por Usos Finais – 2005	6
Figura 5.	Distribuição Percentual do Consumo Final de Eletricidade pelos Subsetores do Setor Público – 2015	7
Figura 6.	Evolução do PIB Total e do PIB do Setor de Serviços – 2005-2050	12
Figura 7.	Evolução da composição do PIB de Serviços – 2005- 2050.....	13
Figura 8.	Consumo de Energia (mil tep) do Setor de Serviços (incluindo setor público) por Fontes Energéticas – Cenário de Referência – 2005-2050	14
Figura 9.	Evolução do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Agrícola por Usos Finais e Equipamentos – Cenário de Referência – 2005-2050.....	16
Figura 10.	Evolução do Consumo Médio de Eletricidade por R\$ do PIB de Serviços (incluindo setor público) – Cenário de Referência – 2015-2050.....	17

Setor de Serviços

1. Objetivo

Neste relatório são apresentados os resultados do Cenário de Plano Governamental para o Setor de Serviços e Setor Público, 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

O Setor de Serviços, neste capítulo, abrange o conjunto de estabelecimentos que empreendem atividades relacionadas ao comércio de bens e/ou à prestação de serviços, privados ou públicos, à exceção de transportes e geração de eletricidade. Diversos estabelecimentos integram este setor, tais como: hotéis, *shopping centers*, lojas comerciais, instituições financeiras, instituições de ensino, hospitais, entre outros. Portanto, uma das principais características deste setor é a sua heterogeneidade em termos de perfil produtivo, formas arquitetônicas e padrão de uso de energia devido aos diferentes fins das atividades, bem como devido às diferentes condições ambientais (climáticas) e socioeconômicas existentes.

A participação do setor na economia brasileira vem crescendo desde a década de 70, principalmente devido à geração de serviços mais complexos e amplos, como bancários, telecomunicações, transportes e seguros. De acordo com o Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2016), a participação relativa deste setor no PIB cresceu de 56,5% em 1970 para 67,3% em 2013. Esta participação do setor de serviços no PIB verificada no Brasil já é da ordem de economias como Japão e Alemanha, porém as atividades terciárias brasileiras ainda são caracterizadas por serem menos intensivas em mão de obra qualificada e pela menor produtividade. Deste modo, considera-se que há espaço para ganhos qualitativos no setor de serviços, principalmente no subsetores de serviços bancários, de comunicações, financeiros, jurídicos e de auditoria.

O setor é intensivo em trabalho. Em 2003, o grau de informalidade era de 50,4%, enquanto que em 2012 este indicador baixou para 39,3% (MDIC, 2013). Apenas em 2013, este setor correspondeu a 76% de empregos criados com carteira assinada, ao adicionar 851 mil postos de trabalho (MTE, 2014).

A educação se mostra como uma variável explicativa para o crescimento deste setor. Desde 1993 houve um aumento substancial no nível de escolaridade do brasileiro – apesar de ainda precisar desenvolver qualitativamente seus indicadores de inovação e competitividade. Este fato contribui para o aumento no nível de especialização da mão de obra absorvida pelo setor, essencialmente para as instituições financeiras e de telecomunicações, que exigem uma mão de obra qualificada (BARROS FILHO, 2011).

A Tabela 1 demonstra que o número de empregados no setor de serviços representava 56% da população economicamente ativa em 2005, passando para 63% em 2010 e 67% em 2013, segundo dados das Contas Nacionais do IBGE. O subsetor do setor de serviços que mais empregava era o

subsetor comercial, que era responsável por 28% dos empregos no setor de serviços. Os subsectores Educação e Público também podem ser destacados como subsectores que empregam um número significativo de pessoas no setor de serviços.

Tabela 1. População Total, População Economicamente Ativa e Número de Empregados do Setor de Serviços – 2005/2010/2013

População	2005	2010	2013
Total	185.150.806	195.497.797	201.032.714
Economicamente Ativa (PEA)	92.352.981	96.338.976	98.709.951
Empregados no Setor de Serviços	51.369.755	60.696.908	65.640.526
Comércio	14.799.874	17.811.999	18.587.811
Intermediação financeira e seguros	919.809	1.081.093	1.124.207
Alojamento e Alimentação	3.410.656	4.691.512	5.068.448
Educação	4.466.285	5.619.084	6.592.740
Saúde	2.943.425	3.761.265	4.444.429
Público	4.668.169	5.158.576	5.479.282
Outros	20.161.537	22.573.379	24.343.609

Fonte: Elaboração Própria com base em Contas Nacionais (IBGE)

A Tabela 2 demonstra que produto interno bruto relativo ao setor de serviços representava 66% do produto interno bruto da economia brasileira em 2005, passando para 67% em 2013, segundo dados das Contas Nacionais do IBGE.

Tabela 2. Produto Interno Bruto Total e do Setor de Serviços por Subsectores (em bilhões de R\$ de 2015) – 2005/2010/2013

PIB	2005	2010	2013
Total	4.684	5.830	6.360
PIB do Setor de Serviços	3.082	3.883	4.280
Comércio	573	757	870
Intermediação financeira e seguros	362	408	378
Alojamento e Alimentação	84	128	153
Educação	229	298	366
Saúde	183	236	268
Público	512	624	634
Outros	1.139	1.432	1.612

Fonte: Elaboração Própria com base em Contas Nacionais (IBGE)

Os equipamentos utilizados, em relação ao desenvolvimento tecnológico, neste setor, para o consumo de serviço de energia são bem pulverizados (escadas rolantes para *shopping centers*, equipamentos eletrônicos hospitalares, equipamentos eletrônicos utilizados no comércio atacadista e varejista, equipamentos de escritório, entre outros). Diversos gargalos impedem a penetração de equipamentos mais eficientes em termos de conversão de energia final para energia útil. Dentre

eles, cita-se a incerteza quanto aos potenciais de redução dos gastos com energia, em longo prazo, em face de equipamentos mais eficientes, porém, mais onerosos. Além disso, há entraves legais que prejudicam a adoção de medidas de conservação de energia, sobretudo para o subsetor público (JANUZZI, 2009).

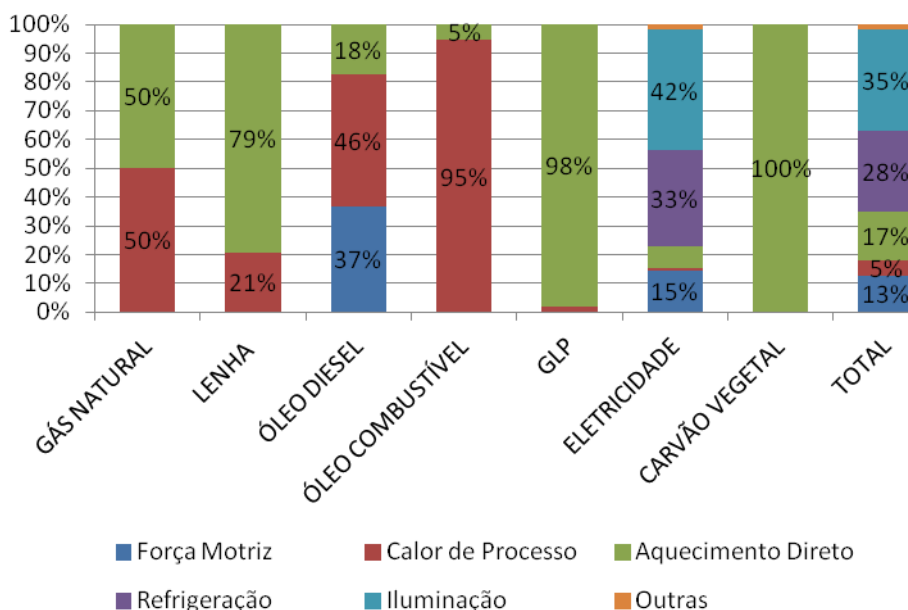
A EPE analisa separadamente o setor de serviços e o setor público, por estes apresentarem características de consumo energético um pouco diferentes. Segundo o Balanço Energético Nacional, em 2005 estes eram os dois setores da economia que consumiam menos energia. Ao final do ano de 2005, o Setor de Serviços e o Setor Público haviam consumido respectivamente 5.452 mil tep e 3.451 mil tep (Tabela 3). Em ambos, as fontes de energia consumidas majoritariamente eram a eletricidade e GLP que juntas representam mais do que 90% da energia consumida no ano de 2005.

Tabela 3. Consumo Final Energético do Setor de Serviços e do Setor Público – 2005

Fontes Energéticas	Setor de Serviços	Setor Público	Total
GÁS NATURAL	233	49	282
LENHA	73	0	73
ÓLEO DIESEL	53	85	139
ÓLEO COMBUSTÍVEL	115	61	176
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	309	441	750
ELETRICIDADE	4.600	2.815	7.415
CARVÃO VEGETAL	67	0	67
TOTAL	5.452	3.451	8.903

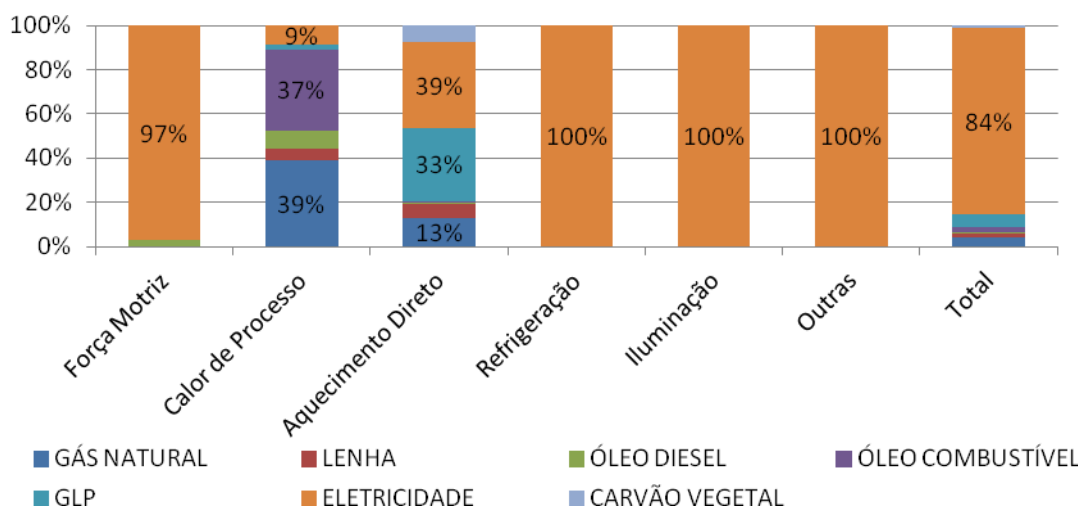
Fonte: Elaboração Própria com base em Balanço Energético Nacional (EPE, 2016)

Segundo o Balanço de Energia Útil (MME, 2005), 35% do consumo de energia do Setor de Serviços são destinados para atender ao uso final Força Motriz, com destaque para os motores e bombas elétricos bem como elevadores. Refrigeração é o uso final responsável pelo segundo maior consumo de energia no setor de serviços (28%), principalmente devido ao uso de ar condicionados. Em seguida, vem o uso final aquecimento direto que responde por 17% do consumo de energia do setor de serviços, sobretudo devido ao uso de fornos elétrico e a GLP.



Fonte: Elaboração Própria a partir de BEU (MME, 2005)

Figura 1. Participação dos Usos Finais no Consumo Final Energético no Setor de Serviços por Fontes Energéticas.

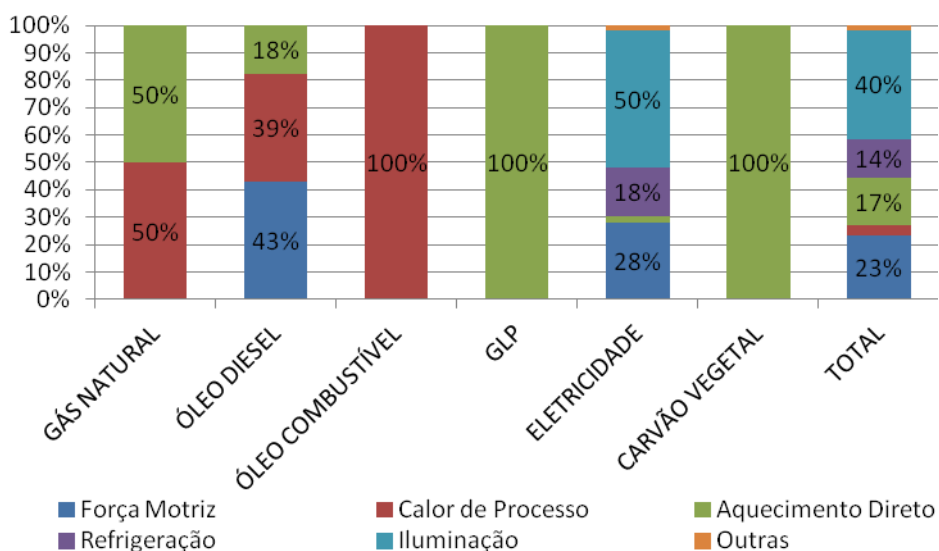


Fonte: Elaboração Própria a partir de BEU (MME, 2005)

Figura 2. Participação das Fontes Energéticas no Consumo Final Energético no Setor de Serviços por Usos Finais – 2005

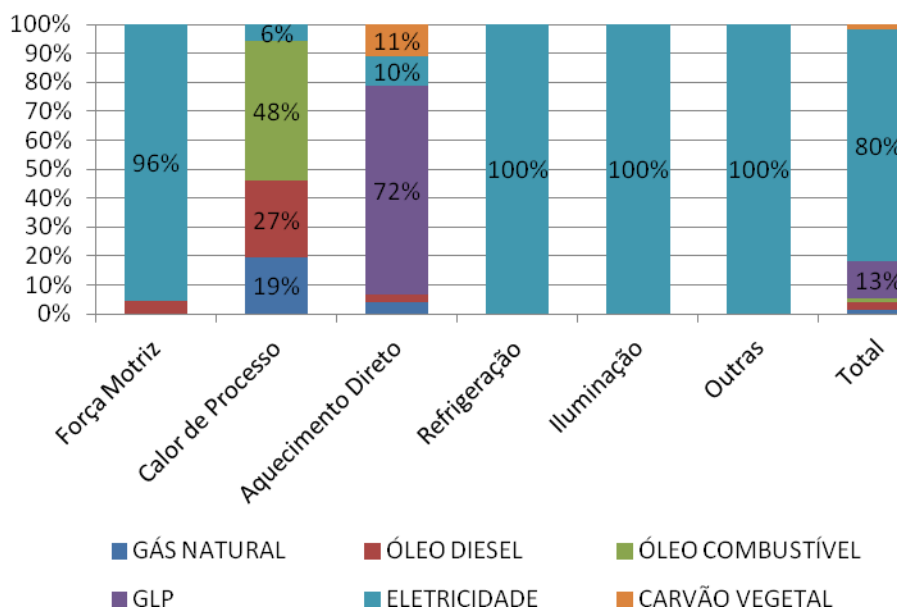
Segundo Balanço de Energia Útil (MME, 2005), 40% do consumo de energia do Setor Público é destinado para atender ao uso final Iluminação, devido à necessidade atendimento da iluminação pública. Força Motriz é o uso final responsável pelo segundo maior consumo de energia no setor de

serviços (23%), principalmente devido ao uso de motores elétricos. Em seguida, vem o uso final aquecimento direto que responde por 17% do consumo de energia do setor de serviços, sobretudo devido ao uso de fornos a GLP.



Fonte: Elaboração Própria a partir de BEU (MME, 2005)

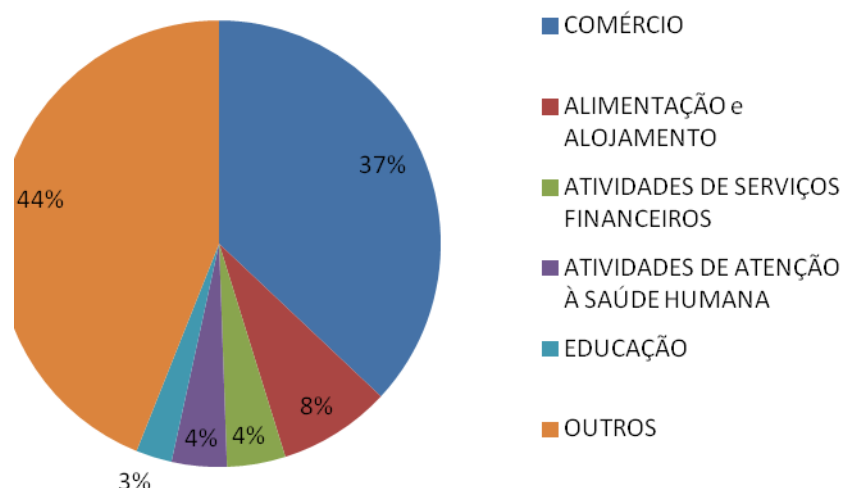
Figura 3. Participação dos Usos Finais no Consumo Final Energético no Setor Público por Fontes Energéticas.



Fonte: Elaboração Própria a partir de BEU (MME, 2005)

Figura 4. Participação das Fontes Energéticas no Consumo Final Energético no Setor Público por Usos Finais – 2005

Com relação ao consumo de eletricidade do Setor de Serviços (Figura 5), o Subsetor Comercial foi o responsável pela maior parcela do consumo de energia elétrica, segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2016). Apesar de ser um subsetor muito heterogêneo e pulverizado, o subsetor comercial se destaca por abranger os supermercados e os *shoppings centers*.



Fonte: Elaboração Própria a partir de Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2016)

Figura 5. Distribuição Percentual do Consumo Final de Eletricidade pelos Subsetores do Setor Público – 2015

Com relação às emissões (Tabela 4), o Setor de Serviços emitiu diretamente 3,749 MtCO₂e em 2005 com a queima de combustíveis fósseis (GLP, Óleo Diesel e Óleo Combustível) e de biomassa (lenha, álcool hidratado e carvão vegetal), segundo dados do III Inventário Brasileiro de Emissões (MCTI, 2015).

Tabela 4. Emissões de GEE do Setor de Serviços (inclui Setor Público) – 1990-2010

Setor de Serviços	1990	2000	2005	2010
Mt CO ₂ e (GWP AR5 - 100 anos)				
CO ₂	2,576	4,338	3,645	2,638
CH ₄	0,107	0,088	0,087	0,106
N ₂ O	0,014	0,016	0,017	0,016
Total	2,697	4,442	3,749	2,760

Fonte: Elaboração Própria com base em MCTI (2015)

Nota: não inclui emissões da geração termelétrica

No que se refere ao planejamento energético do setor de serviços, ainda há necessidade de produção de dados primários que permitam uma análise mais aprofundada. Enquanto que para os demais setores da economia há dados sobre nível de atividade, intensidade energética, participação relativa de cada tecnologia na demanda de energia, o mesmo não se identifica para o setor de serviços. Desta forma, a análise detalhada do potencial de conservação de energia fica prejudicada, restringindo-se a resultados agregados.

3. Metodologia

Primeiramente, com base na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Classe Comercial realizadas pelo PROCEL (2008), optou-se por desagregar o setor de serviços em seis subsetores: Comércio; Alimentação e Alojamento; Saúde; Instituições Financeiras; Educação; e Outros Serviços. Além disso, o setor público foi modelado como um subsetor do setor de serviços, dado que sua parcela no PIB é contabilizada dentro do PIB do setor de serviços. Contudo, o Setor Público continuará a ter o seu consumo de energia contabilizado a parte do Setor de Serviços como é feito no balanço energético nacional da EPE. Por outro lado, a parcela do PIB referente ao setor de transportes foi descontada do PIB do setor de serviços, dado que o setor de transportes está sendo modelado separadamente neste estudo. Adicionalmente, assumiu-se que o setor de Comércio, Instituições Financeiras e Educação consumiriam apenas eletricidade, ao passo que os subsetores Saúde, Alojamento e Alimentação e Outros Serviços consumiriam também as demais fontes energéticas.

Após dividir o setor de serviços em seis subsetores, foi feita decomposição do consumo de cada subsetor por usos finais através de informações do Balanço de Energia Útil e por equipamentos específicos, cujos dados de posse foram disponibilizados pela Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Classe Comercial realizadas pelo PROCEL (2008).

A modelagem do Setor de Serviços apresenta uma abordagem do tipo *Top Down* com base na intensidade energética por unidade de produto interno bruto proposta pelo PNE 2050 (EPE, 2016), ao passo que a modelagem do Setor Pecuário se baseia na intensidade energética por cabeça do rebanho bovino também proposta pelo PNE 2050 (EPE, 2016) adaptada a cenário macroeconômico considerado no Cenário de Plano Governamental deste estudo. Ambas as modelagens foram construídas considerando os usos finais e as fontes energéticas utilizadas em cada um dos setores. 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.

3.1. Descrição da Modelagem

A modelagem para a construção do Cenário de Plano Governamental do Setor de Serviços visa estimar a evolução do consumo de energia ao longo do período 2005-2050, de acordo com os seis

principais usos finais: força motriz, aquecimento direto, calor de processo, refrigeração, iluminação e outros usos.

Cabe ressaltar que se escolheu neste trabalho modelar o setor público como um subsetor do setor de serviços, devido à escassez de dados e ao fato de que a parcela do PIB relativa à administração pública é contabilizada conjuntamente aos demais serviços, formando assim o PIB de serviços.

3.2. Fórmulas

A metodologia de JANUZZI & SWISHER (1997) foi adaptada para a modelagem do setor de serviços e do setor público. JANUZZI & SWISHER (1997) propunham que fosse feita com base na área construída. Contudo, como é difícil obter tais dados no Brasil, escolheu-se fazer a modelagem com base no produto interno bruto (PIB) dos subsetores de serviços. Esta metodologia apesar de não ser a mais adequada já foi utilizada em outros estudos em que foram construídos cenários para a evolução do consumo de energia do setor de serviços (ex.: CCAP, DDPP). Na Equação 1 e na Equação 2, é possível verificar como foi estimado o cálculo da demanda final total anual de energia direta para o Setor de Serviços (E_A):

$$E_S = \sum_{k=1}^{k=7} E_S^k \quad (1)$$

Em que E_A^i = consumo específico médio do subsetor k no Setor de Serviços;

k = Comércio; Alimentação e Alojamento; Saúde; Instituições Financeiras; Educação; Outros Serviços; Público = 1,2,3,4,5,6,7.

Sendo o consumo específico médio do subsetor do Setor de Serviços (E_S^k) calculado do seguinte modo:

$$E_S^k = \sum_{i=1}^{i=6} PIB_k \cdot U^i \cdot \sum_{j=1}^{j=7} P_i^j \cdot Ef_i^j \cdot I_i^k \quad (2)$$

Em que PIB_k = PIB do Subsetor k ;

U^i = Participação do uso final i no consumo de Energia Total de Energia do Setor de Serviços (E_S);

P_i^j = Participação do uso final i atendida pela fonte energética j ;

$E f_i^j$ = Eficiência do atendimento do uso final i pela fonte energética j ;

I_i^k = Intensidade de energia útil do uso final i por unidade PIB do subsetor k .

i = força motriz, iluminação, calor de processo, aquecimento direto, refrigeração e outros usos

finais= 1,2,3,4,5,6.

j = GLP, Óleo Diesel, Óleo Combustível, Lenha, Álcool Hidratado, Carvão Vegetal e Eletricidade=

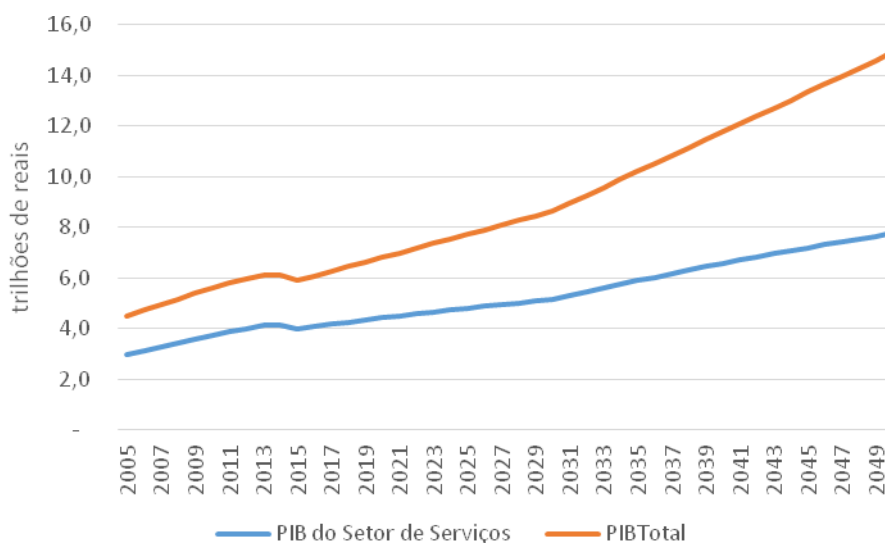
1,2,3,4,5,6,7.

3.3. Dados utilizados

Os dados de participação do uso final i no consumo de Energia Total de Energia do Setor de Serviços, bem como as eficiências de atendimento do uso final pela fonte energética, foram extraídos do Balanço de Energia Útil (MME, 2005). Já a participação econômica dos subsetores no setor de serviços é proveniente das Contas Nacionais do IBGE. Foram aplicadas à projeção do PIB estimada neste projeto as intensidades energéticas por unidade PIB de serviços alcançadas pela EPE no PNE 2050 (EPE, 2016).

3.4. Hipóteses

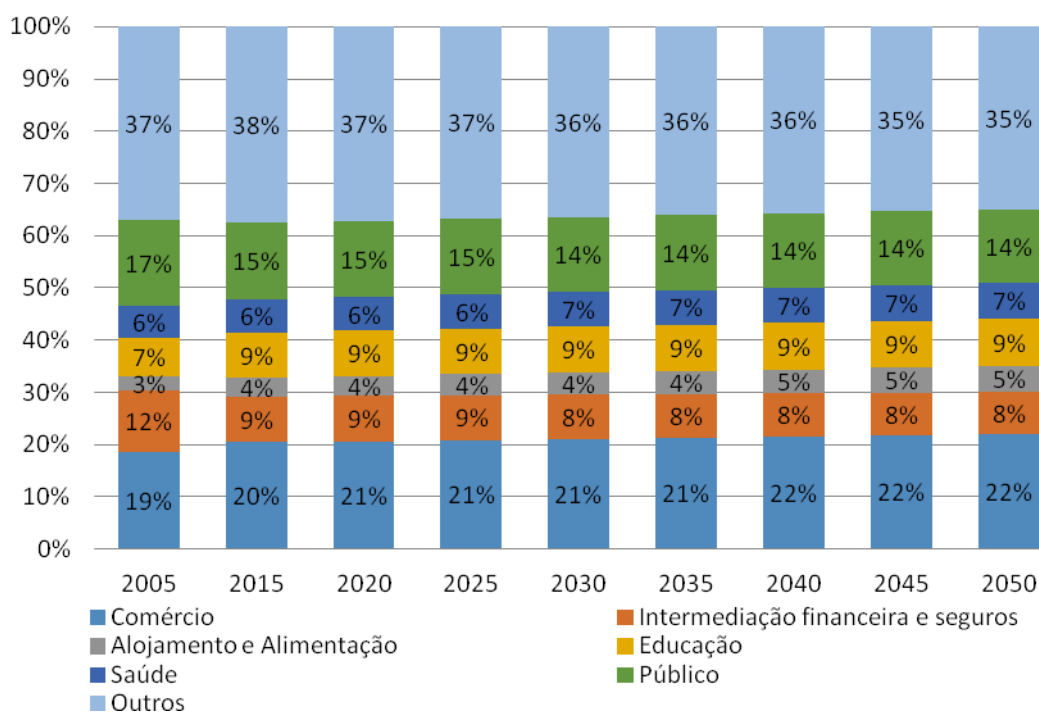
Nesta modelagem, assumiram-se as hipóteses consideradas no PNE 2050 (EPE, 2016) para a construção do cenário para o consumo de energia do setor de serviços ao longo do período 2005-2050. Ao contrário do cenário do PNE 2050, o Cenário de Plano Governamental do presente estudo pressupõe que o setor de serviços crescerá a uma taxa menor à taxa média de crescimento do PIB (Figura 6). Como é possível observar na Figura 6, além de o cenário de plano governamental considerar que o PIB do setor de serviços crescerá a uma taxa média abaixo da projetada pelo PNE 2050 ao longo do período 2015-2016, este também assume que o setor de serviços perderá participação no PIB da economia brasileira entre 2015 e 2050, passando de 68% para 52%.



Fonte: Elaboração Própria

Figura 6. Evolução do PIB Total e do PIB do Setor de Serviços – 2005-2050

Quanto à evolução da estrutura do setor de serviços, os subsetores comércio, educação, alojamento e alimentação e saúde ganharam maior participação no PIB de serviços ao longo do CPG. O subsetor comércio será impulsionado pelo crescimento de *shopping centers* e grandes redes varejistas e atacadistas. Alojamento e Alimentação serão influenciados pelas boas perspectivas para o turismo no Brasil. Já, os subsetores saúde e educação estão relacionados com o processo de desenvolvimento e de melhoria na qualidade de vida considerado no CPG. Cabe ainda destacar que o setor público reduzirá a sua participação na economia (Figura 7).



Fonte: Elaboração Própria com base em Contas Nacionais (IBGE)

Figura 7. Evolução da composição do PIB de Serviços – 2005- 2050

O consumo de energia do setor de serviços apresenta como tendência o aumento do consumo de eletricidade e de gás natural, frente à queda do consumo de lenha, carvão vegetal, óleo combustível e óleo diesel.

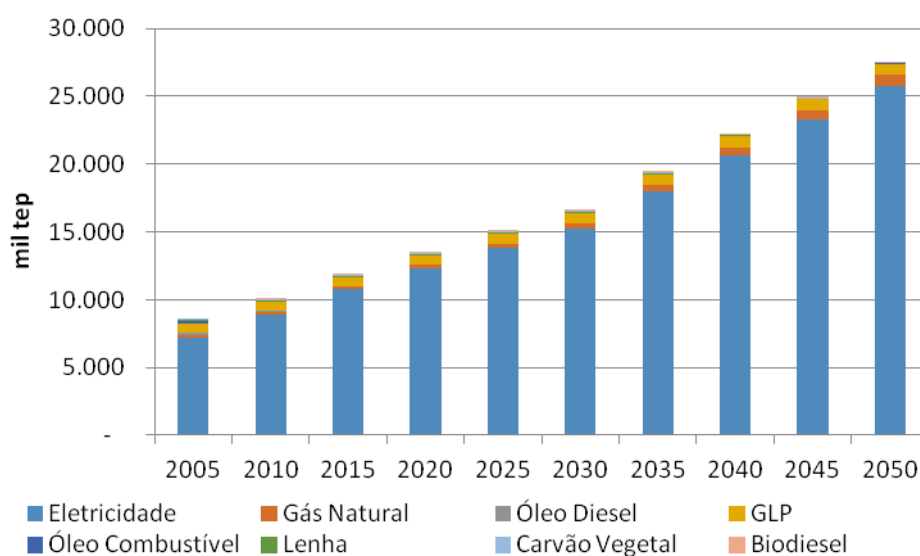
Tabela 5. Participação do Biodiesel no Diesel (mistura em volume – m³) – 2005-2050

Ano de Início	Todos os setores (exceto Setor Agrícola)	Setor Agrícola
2005	0%	0%
2008	2%	2%
2009	3%	3%
2010	5%	5%
2015	7%	7%
2017	8%	8%
2018	9%	9%
2019	10%	10%
2030	11%	12%
2040	13%	15%
2050	15%	18%

4. Resultados obtidos após iteração com IMACLIM

Nesta seção, estão apresentados os resultados encontrados através da modelagem feita no LEAP para estimar o Cenário de Referência para o consumo de energia no Setor de Serviços para o período 2005-2050. Como dito anteriormente, o CPG estimado para este trabalho se baseia no cenário macroeconômico proposto neste estudo e as premissas de evolução do consumo de energia consideradas no PNE 2050 (EPE, 2016). Além disso, o cenário de referência assume também ganhos de eficiência energética estimados com base no Balanço de Energia Útil (MME, 2005).

Na Tabela 6 e na Figura 8, é possível ver como se comportaria, segundo o CPG estimado neste trabalho, o consumo de energia no Setor de Serviços brasileiro no período 2005 – 2050 por fontes energéticas. Ao longo do horizonte 2005-2050 contemplado pelo cenário de referência, o consumo de energia do setor de serviços mais que triplicou com destaque para o consumo de energia elétrica.



Fonte: IES-Brasil (2016)

Figura 8. Consumo de Energia (mil tep) do Setor de Serviços (incluindo setor público) por Fontes Energéticas – Cenário de Referência – 2005-2050

Tabela 6. Estimativas do Consumo de Energia (mil tep) do Setor de Serviços (incluindo Setor Público) por Fonte Energética – Cenário de Referência – 2005-2050

Fontes Energéticas	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Eletricidade	7.151	8.856	10.807	12.333	13.842	15.278	17.990	20.650	23.258	25.777
Gás Natural	272	254	147	233	293	357	457	564	678	796
Óleo Diesel	133	44	10	9	8	7	6	4	3	1
GLP	723	655	643	677	697	706	760	797	819	825
Óleo Combustível	170	27	29	29	27	24	23	20	16	11
Lenha	70	86	90	90	88	82	79	71	58	40
Carvão Vegetal	65	83	87	93	84	72	63	48	29	6
Biodiesel	–	2	1	1	1	1	1	1	0	0
Total	8.584	10.006	11.815	13.465	15.040	16.526	19.378	22.156	24.861	27.457

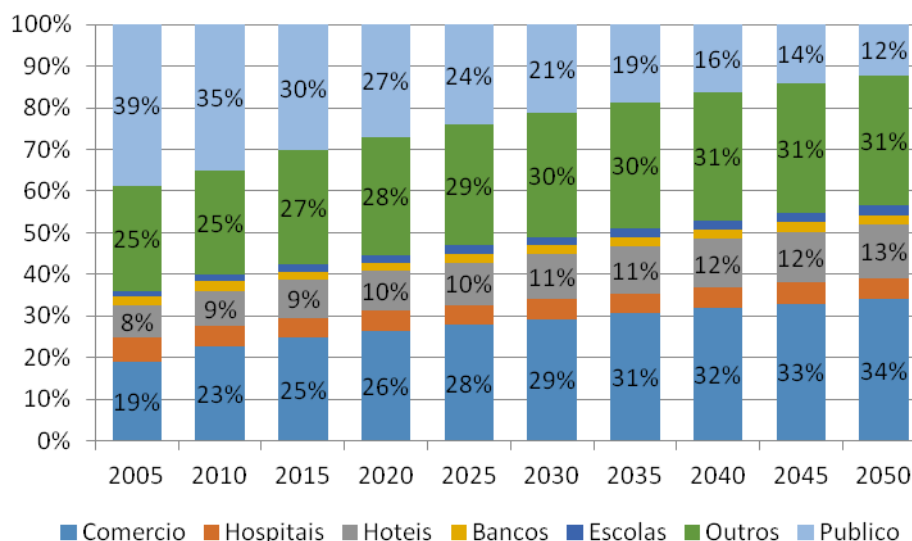
Fonte: IES-Brasil (2016)

Já na Tabela 7 e na Figura 9, podemos visualizar como se comportaria, segundo o CPG estimado neste trabalho, o consumo de energia nos subsetores do Setor de Serviços de 2005 a 2050. Os destaques ficam pela queda da participação do setor público no consumo do setor de serviços, devido à menor participação do setor público na economia bem como o aumento da eficiência no setor. Em contrapartida, houve um crescimento da participação dos subsetores comércio, alojamento e alimentação e outros subsetores seguindo as premissas macroeconômicas.

Tabela 7. Distribuição do Consumo de Energia (mil tep) do Setor de Serviços (incluindo o Setor Público) por Subsetores – Cenário de Referência – 2005-2050

Setores	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Comércio	1.631	2.263	2.938	3.556	4.192	4.835	5.923	7.049	8.204	9.370
Hospitais	506	486	558	642	723	801	946	1.090	1.231	1.368
Alojamento e Alimentação	647	854	1.082	1.290	1.525	1.763	2.169	2.596	3.046	3.505
Bancos	186	231	229	271	313	352	422	491	559	623
Escolas	107	156	208	254	300	347	427	509	592	677
Outros	2.180	2.507	3.218	3.806	4.364	4.902	5.852	6.789	7.702	8.582
Público	3.328	3.509	3.581	3.647	3.624	3.526	3.638	3.633	3.526	3.332
Total	8.584	10.006	11.815	13.465	15.040	16.526	19.378	22.156	24.861	27.457

Fonte: IES-Brasil (2016)



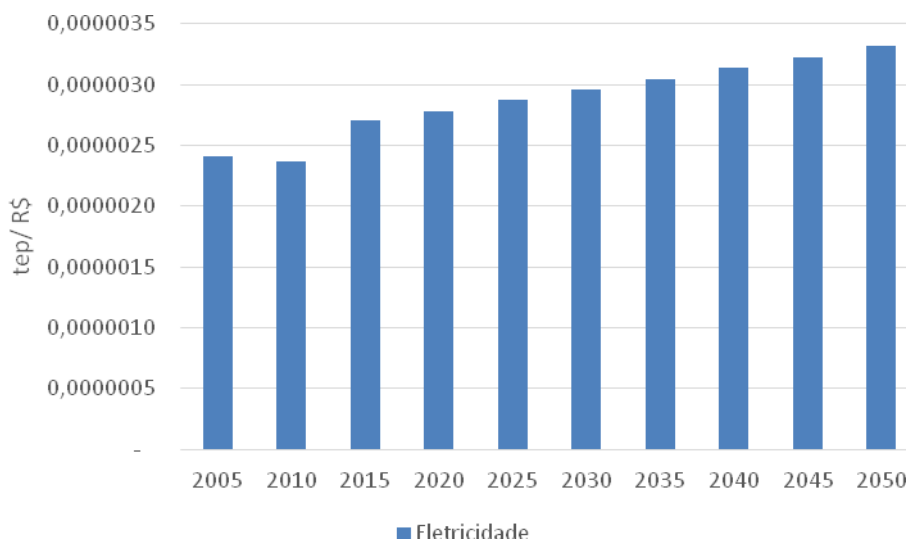
Fonte: IES-Brasil (2016).

Figura 9. Evolução do Consumo de Energia (mil tep) do Setor Agrícola por Usos Finais e Equipamentos – Cenário de Referência – 2005-2050

Com relação à distribuição do consumo de energia por usos finais, esta se mostrou inalterada ao longo do CPG, com o objetivo de preservar as informações relativas ao processo produtivo destas atividades.

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, assim como se buscou adaptar para o cenário de referência as premissas propostas no PNE 2050 (EPE, 2016) para evolução da estrutura do consumo de energético do setor de serviços, já que o consumo de energia do setor serviços é influenciado pelo crescimento mais brando para o PIB ao longo do período 2005-2050 em comparação com o PNE 2050.

Ainda sobre os resultados do cenário de referência, o consumo de energia médio por unidade de PIB no setor de serviços apresentou um ligeiro crescimento entre 2015 e 2050 passando de 0,00000296 tep/R\$ em 2015 para 0,00000353 tep/R\$ em 2050, assim como foi proposto no PNE 2050 (EPE, 2016) (Figura 10).



Fonte: IES-Brasil (2016).

Figura 10. Evolução do Consumo Médio de Eletricidade por R\$ do PIB de Serviços (incluindo setor público) – Cenário de Referência – 2015-2050

Por fim, na Tabela 8, é possível observar como evoluem as emissões de GEE referentes ao consumo de energia no Setor de Serviços, incluindo o Setor Público.

Tabela 8. Emissões Totais (MtCO₂e) do Setor de Serviços (incluindo Setor Público) no Cenário de Referência por Fonte Energética– 2005-2050

Fonte Energética	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Eletricidade	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Carvão Vegetal	0,023	0,029	0,030	0,032	0,029	0,025	0,021	0,016	0,01	0,002
Biodiesel	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Diesel	0,431	0,140	0,020	0,028	0,025	0,021	0,019	0,014	0,008	0,002
Óleo Combustível	0,572	0,091	0,117	0,093	0,087	0,079	0,074	0,065	0,053	0,037
Lenha	0,067	0,082	0,076	0,076	0,074	0,069	0,067	0,062	0,052	0,039
GLP	1,992	1,801	1,733	1,797	1,851	1,873	2,019	2,117	2,175	2,191
Gás Natural	0,665	0,617	0,371	0,548	0,691	0,84	1,075	1,328	1,596	1,873
Total	3,749	2,760	2,345	2,573	2,757	2,908	3,276	3,602	3,893	4,144
Eletricidade	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Carvão Vegetal	1	1,278	1,293	1,396	1,265	1,090	0,916	0,698	0,436	0,087
Biodiesel	*	1,000	0,340	0,460	0,416	0,391	0,336	0,301	0,176	0,032
Diesel	1	0,325	0,046	0,065	0,058	0,049	0,044	0,032	0,019	0,005
Óleo Combustível	1	0,159	0,204	0,163	0,152	0,138	0,129	0,114	0,093	0,065
Lenha	1	1,218	1,126	1,133	1,104	1,029	0,999	0,925	0,775	0,582
GLP	1	0,904	0,870	0,902	0,929	0,940	1,014	1,063	1,092	1,100
Gás Natural	1	0,928	0,558	0,825	1,040	1,264	1,617	1,998	2,401	2,818
Total	1	0,736	0,626	0,686	0,735	0,776	0,874	0,961	1,038	1,105

Fonte: IES-Brasil (2016)

5. Prospecção tecnológica para cenários de mitigação

SETOR	Serviços			
Unidade Principal	kWh/PIB/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	Hotéis, Academias, Clubes, Escolas			
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	0%	5%	10%
	2030	0%	10%	33%
	2040	0%	20%	66%
	2050	0%	30%	100%
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	<ol style="list-style-type: none"> Investimento inicial por propriedade: R\$ 2.331 equipamento Custo adicional por propriedade/ano: R\$ 466 mão de obra e encanamento 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 alta, 4= Alta</i>		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:			Tecnologia já consolidada e de baixo custo.
	Econômicas:			
	Financeiras:			
	Político-institucionais:			
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 dos subsetores do setor de serviços, colaborando para a redução do custo da energia elétrica</p>
Referências bibliográficas:	<p>PNE 2050, Estudo de Baixo Carbono do Banco Mundial 2010, DDPP</p> <p>http://www.transsen.com.br/seu-projeto</p> <p>Pesquisa de Preço: Mercado Livre</p>

SETOR	Serviços			
Unidade Principal				
Nova Tecnologia				
Nome	Lâmpadas LED			
Descrição Geral	<p>Em 2005, 90% das lâmpadas eram do tipo 40W tubulares e 10% do tipo 32 W tubulares</p> <p>Substituição das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares de 40W por Lâmpadas LED tubulares de 19W</p>			
Método de Projeção				
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	5%	10%	10%
	2030	10%	20%	33%
	2040	20%	35%	66%
	2050	30%	50%	100%
Investimento (US\$/unidade)	2016: R\$37,3			
Data do câmbio: R\$ 2015	2020: R\$ 18,6 2040: R\$ 9,3 2050: R\$9,3			
Elementos de custo	<ol style="list-style-type: none"> Investimento inicial por propriedade: LED 19W está custando R\$37,29-R\$65,26, enquanto a Fluorescente de 40W está R\$ 9,32-R\$18,6 Vida Útil: LED tem vida útil de aproximadamente 30 anos e a fluorescente de 4 anos Economia na eletricidade por propriedade/ano: Economiza aproximadamente 50% de energia para 			
Interrelação com outros setores	Setor geração elétrica			
Dificuldade de penetração		Grau de	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras

<i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta</i>		Dific.		
	Técnicas:	1	1	Tecnologia já consolidada.
	Econômicas:	1	1	
	Financeiras:	1	1	
	Político-institucionais:	1	1	Procel Edifica ajuda e o PBE também.
	Outras:			
Externalidades (em relação à baseline)	Ambientais: Reduz as emissões relativas ao uso iluminação no setor de serviços em 50% Sociais: Econômicos: Reduz a demanda contratada para atender ao uso iluminação em 50%, no período de ponta e de fora ponta			
Referências bibliográficas:	PNE 2050, DDPP, EBC do Banco Mundial (2010) Pesquisa de Preço: Mercado Livre			

SETOR	Serviços/Shoppings			
Unidade Principal	kWh/PIB/ano			
Nova Tecnologia				
Nome	Cogeração			
Descrição Geral	<p>Segundo o BIG da ANEEL, em 2015, tínhamos uma capacidade instalada de aproximadamente 40 MW de cogeração a gás natural no setor de serviços, com destaque para os shoppings centers principalmente na região sudeste. A maioria desta cogeração é a gás natural.</p> <p>Atualmente, segundo dados da ANEEL, 6 shoppings possuem hoje sistema de cogeração, o que representa 1% do total de shoppings brasileiros e 2% do total de shoppings do sudeste.</p> <p>Em maio de 2016, existiam 547 shoppings, sendo que 54% estavam localizados na região sudeste e 17% na região sul.</p> <p>Empreendimentos Comerciais com Cogeração:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comgás Centro Operacional Região Metropolitana de São Paulo – São Paulo • Centro Empresarial Rochaverá Corporate Towers – São Paulo • Shopping Taboão da Serra – Grande São Paulo • Shopping Interlagos – São Paulo • Hotel Sofitel São Paulo – São Paulo • Sonda Supermercados – São Paulo e Grande São Paulo • Edifício Comercial IGW Plaza Iguatemi – São Paulo • Hotel Caesar Park – Guarulhos 			
Método de Projeção	Penetração do sistema de cogeração em 300 dos 1000 shoppings existentes em 2050 no Brasil. Considerando que cada empreendimento possuísse uma potência de cogeração de aproximadamente 4 MW, isso equivaleria a uma potência instalada de cogeração de 1200MW em 2050.			
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	50MW	50MW	
	2030	100MW	400MW	
	2040	150MW	800MW	
	2050	200MW	1200MW	
Investimento (US\$/unidade) Data do câmbio: R\$ 2015	<p>Valor por cada planta de 4MW:</p> <p>2016: R\$8.092,486</p> <p>2020:</p> <p>2030: R\$6.526.198</p> <p>2040:</p> <p>2050: R\$5.593.884</p>			

Elementos de custo	<p>4) Investimento inicial por propriedade: R\$8.092.486 (sistema convencional R\$2.688.327)</p> <p>5) Vida Útil: 20 anos</p> <p>6) Economia na eletricidade por propriedade/ano: Economiza aproximadamente 30% no consumo de energia elétrica por mês.</p>			
Interrelação com outros setores	Setor geração elétrica			
Dificuldade e de penetração <i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta</i>		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:	1	1	Tecnologia já consolidada.
	Econômicas:	1	1	
	Financeiras:	1	1	BNDES FINEM Eficiência Energética Investimento mínimo de 5 milhões 20 anos de amortização Taxa de financiamento de até 13,2% a.a. BNDES financia somente 80% do investimento
	Político-institucionais:	1	1	Procel Edifica, IPTU Verde
Outras:				
Externalidades (em relação à baseline)	<p>Ambientais:</p> <p>Sociais:</p> <p>Econômicos: Reduz a demanda contratada para atender ao uso refrigeração em 50%, no período de ponta e de fora ponta</p>			
Referências bibliográficas:	<p>http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/alvaug/Cogera%C3%A7%C3%A3o/Incentivos-e-Desafios-%C3%A0-Cogera%C3%A7%C3%A3o-a-G%C3%A1s-Natural-no-Brasil-Rafael-Schechtman.pdf</p> <p>http://sindusconsp.com.br/downloads/eventos/2009/6sem_sisprediais/comgas.pdf</p> <p>http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/eficiencia_energetica.html</p>			

SETOR	Público			
Unidade Principal				
Nova Tecnologia				
Nome	LED na Iluminação Pública			
Descrição Geral	A iluminação é o uso final que apresenta o consumo de energia mais significativo do setor público. Em vários municípios brasileiros, estão sendo feitas licitações para o desenvolvimento de Parcerias Público Privadas com objetivo de modernizar e de operar com eficiência o sistema de iluminação pública. Alguns municípios já mostraram iniciativas sobre o tema: São Paulo (SP – R\$ 7 bilhões de 2014 – 11 milhões habitantes), Caraguatatuba (SP- R\$200 milhões de 2014 – 111 mil habitantes), Sete Lagoas (MG), Jabotão dos Guararapes (RE), Vitória (ES), Uberaba (SP), São João de Meriti (RJ), São Bernardo do Campo (SP), Barbacena (MG), Aparecida de Goiânia (GO), Uberaba (MG) e etc. A remuneração da empresa é feita com base na Contribuição para Iluminação Pública – CIP que por ser um imposto municipal serve como garantia de pagamento aos entes privados.			
Método de Projeção	Grau de Penetração nas Cidades com mais de 100 mil habitantes. Em 2015, eram cerca de 300 cidades brasileiras com mais de 100 habitantes.			
Região	Cidades com mais de 100 mil habitantes			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	3%	10%	10%
	2030	4%	15%	25%
	2040	4,5%	20%	40%
	2050	10%	30%	50%
Investimento (US\$/unidade) Data do câmbio: R\$ 2015	2016: Entre R\$186,5 milhões a R\$6,53 bilhões (depende do tamanho da cidade) 2020: 2030: 2040: 2050:			
Elementos de custo Data do câmbio: R\$ 2015	1) Investimento inicial por propriedade: Entre 200 milhões a 7 bilhões (depende do tamanho da cidade) 2) Vida Útil: 3) Economia na eletricidade por sistema/ano: Dependendo da lâmpada.			
Interrelação com outros setores	Setor geração elétrica			
Dificuldade de penetração <i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta</i>		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:			Tecnologia LED já estabelecida
	Econômicas:			
	Financeiras:			Tem Modalidade de Empréstimo disponível no BNDES.
	Político-institucionais:			O processo para criação da PPP é longo, exigindo a

				ocorrência de licitação e a criação de uma sociedade propósito específico. Além disso, este tipo de empreendimentos exige uma série de garantias por parte dos entes públicos e privados que nem sempre estão ao alcance do possível.
	Outras:			
Externalidades (em relação à baseline)	Ambientais: Sociais: Econômicos: Objetiva reduzir o custo do consumo de energia elétrica para iluminação pública para o setor público.			
Referências bibliográficas:	http://www.pppbrasil.com.br/portal/search/node/ilumina%C3%A7%C3%A3o%20p%C3%BAblica			

6. Referências bibliográficas

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. *Nota Técnica DEA 12/14: Cenário Econômico 2050*. Série Estudos Econômicos.

Rio de Janeiro: MME/EPE, 2016.

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.

JANUZZI, G.; SWISHER, J.. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: meio ambiente, Conservação de energia e fontes renováveis*. Campinas: Autores Associados. 1997.

MME/FDTE. *Balanco de Energia Útil 2005*. Brasília: MME, 2005.

PROCEL. *Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano base 2005*. Classe Comercial, Relatório Brasil. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 2008.