

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E  
NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

**URSULA VETTORI MOSS**

**Planejamento elétrico urbano: aumentando a resiliência e adaptação às  
mudanças do clima**

**SÃO PAULO**

**2014**

**URSULA VETTORI MOSS**

**PLANEJAMENTO ELÉTRICO URBANO: AUMENTANDO A RESILIÊNCIA E  
ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS DO CLIMA**

Monografia realizada para conclusão do Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Lucon

**SÃO PAULO**

**2014**

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

### **FICHA CATALOGRÁFICA**

Moss, Ursula Vettori.

Planejamento elétrico urbano: aumentando a resiliência e adaptação às mudanças do clima/Ursula Vettori Moss; orientador Oswaldo Lucon. – São Paulo, 2014.

96f. il.; 30cm.

Monografia (Curso de Especialização Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético) Instituto de Energia e Ambiente Universidade de São Paulo.

1. Mudanças Climáticas 2. Adaptação 3. Planejamento Elétrico I. Título



**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

**ATA DE DEFESA – MONOGRAFIA**

**CANDIDATO: Ursula Vettori Moss**

Aos vinte e cinco dias do mês de março de 2014, às 18:00h realizou-se no Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo a defesa de monografia da aluna Ursula Vettori Moss, nível especialização, intitulado: **“Planejamento Elétrico Urbano: Aumentando a Resiliência e Adaptação às Mudanças do Clima”**, sendo a banca constituída pelos Professores: Oswaldo dos Santos Lucon – Orientador e Presidente da Comissão Examinadora e Suani Teixeira Coelho (IEE/USP).

Manifestação dos membros da banca:

Assinatura

Conceito

Prof. Dr. Oswaldo dos Santos Lucon

10,0 (dez)

Profa. Dra. Suani Teixeira Coelho

9,5 (nove e meio)

A candidata foi considerada (Aprovada / Reprovada)

( *Aprovada* )

## RESUMO

MOSS, U. V.; **Planejamento elétrico urbano: aumentando a resiliência e adaptação às mudanças do clima.** 2014. 96 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Estudo sobre o planejamento elétrico urbano como medida de adaptação às mudanças do clima visando o aumento da resiliência e confiabilidade do setor elétrico brasileiro. Após a revisão de literatura do histórico da regulamentação e planejamento do setor e de suas tendências, bem como na revisão da regulamentação das mudanças climáticas no Brasil e seus impactos no setor elétrico, foram analisadas as projeções climáticas para o Brasil que indicam um aumento de temperatura e redução dos níveis de precipitação, além do aumento na frequência e intensidade de eventos extremos. Tais fatores climáticos tornam o parque gerador do país extremamente vulnerável, sendo que é bastante provável que a produção hidrelétrica no país tenha sua capacidade reduzida. Assim, considerando-se as vulnerabilidades do setor, inclusive dos sistemas de transmissão e distribuição, é de extrema importância que o planejamento elétrico seja pensado em termos de adaptação no nível urbano, visando o fornecimento de eletricidade à população residencial e comercial. Medidas que incentivem a geração descentralizada, o desenvolvimento de redes inteligentes e ações de gerenciamento da demanda devem receber maior atenção em detrimento do aumento contínuo do parque de geração.

**Palavras-chave:** planejamento elétrico, urbanização, resiliência, adaptação, mudanças do clima, vulnerabilidade, setor elétrico brasileiro, geração distribuída, construção verde, eficiência energética.

## ABSTRACT

MOSS, U. V.; **Electrical urban planning: increasing climate change resilience and adaptation.** 2014. 96 f. Monograph (Specialization in Environmental and Energy Business Sector) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Study on electrical urban planning as a climate change adaptation action that aims increasing the Brazilian energy sector resilience and reliability. After a literature review of the sector's regulation and planning history and its trends, as well as reviewing climate change regulations in Brazil and its impacts on the energy sector, the country's climate projections were analysed, which indicate a temperature increase and precipitation reduction, besides an increase in the frequency and intensity of extreme events. These climatic factors make the country's generation capacity extremely vulnerable, and the hydroelectricity is likely to have its capacity decreased. Thus, considering the sector's vulnerabilities, including their transmission and distribution systems, it is extremely important that the electrical planning is thought on terms of urban adaptation, aiming the electricity supply to residential and commercial consumers. Actions that encourage distributed generation, development of smart grids and demand side management should receive more attention at the expense of the continuous expansion of the generation capacity.

**Keywords:** electrical planning, urbanization, resilience, adaptation, climate change, vulnerability, Brazilian electrical sector, distributed generation, green building, energy efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Histórico de comercialização de eletricidade nos leilões da EPE.....	22
Figura 2. Bacias Hidrográficas do Brasil .....	32
Figura 3. Aproveitamentos hidrelétricos no Brasil .....	33
Figura 4. Variação Sazonal da Precipitação na Região Amazônica - Cenário A2 (esquerda) e B2 (direita).....	38
Figura 5. Balanço Hídrico Amazônico Observado (1961-1990).....	38
Figura 6. Balanço Hídrico Amazônico 2071-2100 - Cenário A2 (acima) e B2 (abaixo).....	39
Figura 7. Variação Sazonal da Precipitação no Nordeste - Cenário A2 (esquerda) e B2 (direita).....	40
Figura 8. Balanço Hídrico Observado no Nordeste (1961-1990).....	40
Figura 9. Balanço Hídrico Amazônico 2071-2100 – Cenário A2 (acima) e B2 (abaixo) .....	41
Figura 10. Variação Sazonal da Precipitação na Bacia do Prata - Cenário A2 (esquerda) e B2 (direita) .....	42
Figura 11. Balanço Hídrico Observado na Bacia do Prata (1961-1990).....	42
Figura 12. Balanço Hídrico na Bacia do Prata 2071-2100 – Cenário A2 (acima) e B2 (abaixo).....	43
Figura 13 – Crescimento brasileiro estimado para 2050 com e sem os efeitos das mudanças climáticas .....	59
Figura 14 – Evolução do consumo elétrico dos setores residencial, comercial e público no Brasil (10 <sup>3</sup> tep) .....	60
Figura 15 – Consumo de eletricidade dos equipamentos domésticos e previsão de consumo para 2022 .....	61
Figura 16 – Perfil esquemático do efeito ilha de calor .....	62
Figura 17 – Fluxo de fornecimento da eletricidade aos centros consumidores.....	64
Figura 18 – Configuração do SIN .....	65
Figura 19 – Perfil Esquemático de um Coletor Solar.....	67
Figura 20 – Células fotovoltaicas instaladas em um hospital em Fernando de Noronha – PE .....	69
Figura 21 – Células fotovoltaicas instaladas no campus da Universidade Federal do Rio Grande do Sul .....	69
Figura 22 – Células fotovoltaicas instaladas no estacionamento do IEE-USP.....	70
Figura 23 – Células fotovoltaicas instaladas para iluminação pública em Curitiba.....	70
Figura 24 - Capacidade instalada (MW) resíduos de biomassa – 2013 .....	71
Figura 25 – Destinação Final de RSU por região em 2011 .....	73
Figura 26 – Sistema de transmissão e distribuição atual no Brasil .....	75
Figura 27 – Sistema proposto pelas redes inteligentes.....	75
Figura 28 – Energia consumida ao longo da vida útil de uma edificação .....	77

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AWF	<i>America's Wetland Foundation</i>
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCCMA	<i>Canadian Center for Climate Modeling and Analysis</i>
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCSR/NIES	<i>Center for Climate Studies and Research CCSR/National Institute for Environmental Studies NIES.</i>
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CIM	Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
COP	Conferência das Partes
COP-3	3ª Conferência das Partes
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CSIRO-Mk2	<i>Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization</i>
ELETOBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ERU	Unidade de Emissão Reduzida
ESCO	Empresa de Serviços de Conservação de Energia
EUA	Estados Unidos
FBMC	Fórum Brasileiro de Mudanças do Clima
FMI	Fundo Monetário Internacional
GCOS	Sistema de Observação do Clima Global
GEE	Gás de Efeito Estufa
GFDL-CM2	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA-Geophysical Fluids Dynamic Laboratories</i>
HadCM3	<i>Hadley Centre for Climate Prediction and Research</i>
HVAC	<i>Heat, Ventilation, Air Conditioning</i>
IC	Implementação Conjunta
IEE	Instituto de Energia e Ambiente
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima
IPCC-AR4	Quarto Relatório do IPCC
IPCC-AR5	Quinto Relatório do IPCC

IPCC-FAR	Primeiro Relatório de Análise do IPCC
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MCG	Modelo Climático Global
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
NRTEE	<i>National Round Table on the Environment and the Economy</i>
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
Ouranos	<i>Consortium on Regional Climatology and Adaptation to Climate Change</i>
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDE	Plano Decenal de Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Energia
PNMC	Política Nacional de Mudanças Climáticas
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PQ	Protocolo de Quioto
PRECIS	Fornecimento de Climas Regionais para Estudos de Impacto
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROCEL EDIFICA	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RBC	<i>Royal Bank Canada</i>
RCE	Redução Certificada de Emissão
Reluz	Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINTREL	Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica
SSE	<i>Scottish Southern Energy</i>
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
UHE	Usina Hidrelétrica
UNICAMP	Universidade de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
UTE	Usina Termelétrica
WCP	Programa de Clima Global
WCRP	Programa de Pesquisa Climática Global

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
GWh	Giga-watt hora
km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
MW	Megawatt
MW médio	Megawatt médio
R\$	Reais
tCO <sub>2</sub> /MWh	Tonelada de carbono por megawatt hora
tCO <sub>2</sub> eq	Tonelada de carbono equivalente
TWh	Terawatt hora

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1    Objetivos .....	11
1.2    Justificativa .....	12
1.3    Metodologia .....	13
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1    Setor Elétrico Brasileiro (SEB) .....	14
2.1.1    Histórico da Regulação do Setor .....	14
2.1.2    Tendências .....	21
2.2    Mudanças do Clima .....	24
2.2.1    Histórico da Regulação no Brasil .....	26
2.2.2    Impactos da Regulamentação Climática no SEB .....	28
2.3    Vulnerabilidades às Mudanças do Clima no Brasil .....	30
2.3.1    Caracterização Hidrológica Brasileira .....	31
2.3.2    Projeções climáticas .....	34
2.3.3    Vulnerabilidades do SEB .....	44
2.4    Adaptação às Mudanças do Clima .....	47
2.4.1    Experiência Internacional .....	50
2.4.2    Experiência Brasileira .....	56
<b>3. DISCUSSÃO E PROPOSTAS</b> .....	58
3.1    Geração descentralizada, mini e micro geração .....	63
3.1.1    Energia Solar Térmica .....	67
3.1.2    Energia Solar Fotovoltaica .....	68
3.1.3    Biomassa .....	71
3.1.4    Redes inteligentes .....	73
3.2    Gerenciamento do lado da demanda .....	76
3.2.1    Construções verdes .....	78
<b>4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	80
REREFÊNCIAS .....	83
GLOSSÁRIO .....	96

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Objetivos

A apresentação deste trabalho faz parte do processo de avaliação final do curso de especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético, realizado entre Agosto de 2012 e Março de 2014, no Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (USP).

Este trabalho se propõe a avaliar as principais vulnerabilidades do setor elétrico às mudanças climáticas e seus eventos extremos, buscando alternativas para um planejamento elétrico no âmbito urbano visando a confiabilidade no fornecimento aos setores residencial e comercial, de modo a permitir a adaptação e o aumento da resiliência das cidades aos eventos extremos do clima.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar o histórico do planejamento elétrico no Brasil e sua tendência atual;
- Avaliar as principais vulnerabilidades do setor elétrico brasileiro às mudanças climáticas e seus eventos extremos;
- Estudar e avaliar ações de adaptação e aumento de resiliência adotadas internacionalmente e no Brasil;
- Propor o planejamento elétrico urbano como ação de adaptação e aumento da resiliência às mudanças climáticas visando a confiabilidade no fornecimento dos setores residencial e comercial.

## 1.2 Justificativa

Historicamente, o setor elétrico brasileiro (SEB) tem sido planejado no âmbito nacional, buscando principalmente o aumento do parque de geração pela exploração de fontes hídricas. A hidroeletricidade responde hoje por 70,1% da oferta interna de eletricidade, sendo que, somadas as importações, este valor sobe para 76,9% (EPE, 2013a). Esta dependência hídrica, no entanto, torna o parque gerador muito vulnerável aos efeitos do clima, como secas, inundações e tempestades. As demais fontes renováveis, como eólica e biomassa, respondem por 7,7% da matriz elétrica, sendo também bastante vulneráveis ao clima.

As fontes fósseis utilizadas em usinas termoelétricas (UTES), por outro lado, respondem por 12,8% da matriz elétrica (EPE, 2013a). Observa-se a tendência nos últimos estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) de se aumentar a participação destas fontes na matriz sob o pretexto da segurança energética. As empresas do setor também se mostram favoráveis ao aumento da geração térmica por acreditarem que há no Brasil o direito a um “crédito ambiental histórico” decorrente da alta fração de renováveis na matriz elétrica, ao contrário do que ocorre no restante do mundo (FMASE, 2013). Tal posicionamento, no entanto, vai de encontro ao reconhecimento das vulnerabilidades do setor elétrico às mudanças climáticas, pois o uso de fontes fósseis contribui à emissão de gases de efeito estufa (GEE), responsáveis justamente pelas mudanças climáticas.

O quinto Relatório de Análise (AR5) do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC), lançado em setembro de 2013, reafirmou que as ações antrópicas continuam afetando o balanço energético terrestre e que o grau de confiabilidade de que estas são de fato responsáveis pelas mudanças climáticas aumentou (IPCC, 2013).

Neste contexto, e considerando-se as vulnerabilidades do sistema de transmissão e distribuição às mudanças climáticas, bem como o aumento da população urbana no país e seu consumo residencial e comercial, é de extrema importância que o planejamento elétrico seja pensado também em termos de adaptação, não somente em nível nacional, mas no nível urbano visando o fornecimento da população e de estabelecimentos comerciais. Medidas que incentivem a geração descentralizada, o desenvolvimento de redes inteligentes e ações de gerenciamento da

demanda devem receber maior atenção em detrimento do aumento contínuo do parque de geração, devendo fazer parte do planejamento voltado à adaptação.

Planejar o setor elétrico de forma holística significa integrar seus diversos setores para que sejam cada vez mais eficientes, resilientes e descentralizados, aliviando sua carga e a necessidade de construção de longas linhas de transmissão de energia, reduz o risco a eventos climáticos extremos e aumenta, conseqüentemente, a segurança energética do país.

### 1.3 Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos por esta monografia, foi realizada uma pesquisa a partir de levantamentos bibliográficos de estudos científicos, *sites* da *Internet* relacionados ao tema e materiais governamentais.

Primeiramente, foi realizada uma revisão de literatura sobre o SEB, considerando o histórico de sua regulamentação e os principais atores que promoveram seu desenvolvimento. Em seguida, foram analisadas as últimas ações do Governo no setor verificando-se a tendência de suas regulações e impactos no país. Uma revisão de literatura também foi realizada sobre o histórico da regulação das mudanças do clima no Brasil e seus impactos no SEB.

Após a contextualização histórica do setor elétrico e das mudanças climáticas, foi feita uma caracterização hidrológica do Brasil, seguida por uma discussão das projeções realizadas por modelos climáticos do IPCC e que foram traduzidos em cenários para os biomas brasileiros por uma equipe especializada do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), avaliando-se, em seguida, as vulnerabilidades decorrentes destas projeções no SEB.

Foi realizada ainda uma revisão bibliográfica referente às práticas de adaptação e resiliência no Brasil e no mundo para então o trabalho prosseguir com a discussão e proposição de ações de um planejamento elétrico urbano visando a adaptação e aumento da resiliência do SEB e o conforto da população urbana.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Setor Elétrico Brasileiro (SEB)

#### 2.1.1 Histórico da Regulação do Setor

Os primeiros usos da eletricidade no Brasil ocorreram no final do século XIX e início do século XX devido a crescente urbanização das cidades brasileiras e suas demandas para atendimento de sistemas públicos de iluminação e transporte, bem como de atividades industriais, como a mineração, a indústria têxtil e o beneficiamento de produtos agrícolas (BAER, MCDONALD, 1997; GOMES et al., 2002). Assim, o parque de geração de energia elétrica brasileiro teve início com a construção de usinas hidrelétricas (UHes) e UTEs de pequeno porte.

A nova demanda por eletricidade atraiu investimentos estrangeiros, promovendo o estabelecimento de empresas de serviços públicos no país no início do século XX, como a São Paulo *Tramway Light and Power Company*, criada em 1899, e a Rio de Janeiro *Tramway Light and Power Company*, criada em 1904 (BAER, MCDONALD, 1997; GOMES et al., 2002).

Até o início do século XX, no entanto, considerando o uso ainda incipiente da eletricidade no país, não havia nenhuma regulação específica referente ao assunto, sendo que a prestação de serviços de eletricidade era firmada pelas concessionárias estrangeiras com os Estados e municípios por meio de acordos regionais ou contratos bilaterais, respectivamente (BAER, MCDONALD, 1997; GOMES et al., 2002; GASTALDO, 2009; SILVA, 2011). Gomes et. al (2002) deixa claro que apesar das políticas econômicas praticadas até então e do processo de urbanização terem beneficiado indiretamente o desenvolvimento dos serviços de eletricidade, estas não foram planejadas ou intencionais. Somente a partir de 1930, com o início da Era Vargas, as primeiras ações de um planejamento deliberado do setor elétrico tiveram início.

Apesar de seu caráter nacionalista e intervencionista, visto por muitos como demasiado agressivo, o governo de Getúlio Vargas permitiu a criação das condições para criação de um setor elétrico regulado com um parque de geração crescente. A intervenção se deu pelo aumento do poder de regulamentação sobre os serviços públicos de energia elétrica (BAER, MCDONALD, 1997; GOMES et al., 2002).

A ação mais importante neste sentido foi a criação do Código das Águas em 1934, regulamentado pelo Decreto nº 24.643. A partir de então, o Estado passou a deter a competência de legislar e outorgar as concessões de serviços públicos de energia elétrica, inclusive dos serviços de transmissão e distribuição, impossibilitando os acordos regionais e bilaterais praticados até então (BAER, MCDONALD, 1997; GOMES et al., 2002; GASTALDO, 2009; MARINS, 2010). Dentre outras medidas, o Código também estabeleceu que as autorizações e concessões fossem concedidas exclusivamente a brasileiros ou a empresas organizadas no Brasil.

Seguindo o caráter nacionalista, em 1938 foi estabelecida a necessidade de autorização ou concessão federal para a construção de linhas de transmissão e redes de distribuição de energia elétrica e, em 1941, a necessidade de autorização federal para a realização de empreendimentos termelétricos (GANIM, 2003 apud SILVA, 2011).

Gomes et. al (2002), Gastaldo (2009) e Silva (2011) explicam que o clima de incerteza regulatório gerado pelas medidas da época desestimulou os investimentos estrangeiros no setor elétrico, levando à redução da expansão do parque de geração enquanto a demanda por eletricidade permaneceu crescente. Este cenário configurou um risco de racionamento na época, com episódios de não atendimento de novas ligações de energia e falhas de fornecimento em horários de pico (SILVA, 2011), levando à criação do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE) em 1939, primeiro órgão federal com ação reguladora e normatizadora que visava o cumprimento do Código das Águas. Córrea (2005) explica que o CNAEE foi responsável inclusive pela criação de regras que visavam a interligação dos sistemas elétricos da época – medida extremamente importante para o planejamento e a segurança energética.

Ainda sob o governo Vargas, diversas instituições e empresas públicas de serviços de eletricidade foram criadas, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) - hoje Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) -, criado pela Lei nº

1.628 em 1952. Em um período de dez anos, o banco foi responsável por apoiar 25,7% da capacidade instalada da época (GOMES et. al, 2002).

Além disso, o BNDES coordenou os recursos financeiros obtidos pelo Fundo Federal de Eletrificação, instituído em 1953, que visava o financiamento de projetos no setor elétrico (BAER, MCDONALD, 1997), como empreendimentos de geração, transmissão e distribuição, e pelo recolhimento de um imposto único sobre a energia elétrica, cobrado de todo e qualquer usuário (GOMES et al., 2002; ELETROBRAS, 2013).

Outra instituição concebida durante o governo Vargas foram as Centrais Elétricas Brasileiras, ou Eletrobrás. Apesar de ter sido oficialmente autorizada somente em 1961, pelo então presidente Jânio Quadros, sua concepção remonta a 1954. Com o objetivo de planejar, coordenar e administrar os investimentos do setor elétrico, especialmente em geração (GOMES et. al, 2002), a estatal tinha como subsidiárias empresas de geração importantes e estratégicas, como a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), além de ter participação minoritária em diversas empresas associadas, como concessionárias estaduais (ELETROBRAS, 2013).

Devido a conjuntura regulatória da época e com o advento das estatais que controlariam os serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no país, a participação da iniciativa privada no setor elétrico continuou decrescendo nas décadas seguintes, ocasionando uma necessidade cada vez maior de empréstimos estrangeiros. Além da crescente dependência destes empréstimos externos, o Estado também passou a depender da arrecadação obtida diretamente dos consumidores de eletricidade, elevando as tarifas cobradas. Os custos para expansão do parque de geração eram especialmente altos devido ao grande porte das usinas construídas, além de se localizarem distantes dos centros consumidores, sendo necessária a construção de longas linhas de transmissão, com alto custo associado.

Baer e McDonal (1997) ressaltam novamente a questão tarifária no contexto do segundo choque mundial do preço de petróleo, em 1973, quando o governo federal determinou que as empresas do setor elétrico seguissem as políticas tarifárias vinculadas aos objetivos macroeconômicos do Estado, ao invés de refletirem suas próprias necessidades. Os autores explicam que, em 1974, por exemplo, o governo decretou a equiparação das tarifas elétricas em todo o país, levando a uma transferência dos recursos das empresas estatais lucrativas às deficitárias.

A partir de 1975, o governo limitou os ajustes tarifários às taxas de inflação, levando à queda contínua das tarifas nos últimos cinco anos da década. Em decorrência destas políticas, a geração interna de fundos também foi reduzida ao longo da década de 1980, enquanto a dependência de financiamento externo aumentou acentuadamente (BAER, MCDONALD, 1997).

Durante a década de 1980, a crise financeira no país se agravou e a capacidade de o SEB investir em infraestrutura deteriorou-se progressivamente (BAER, MCDONALD, 1997; SILVA, 2011). Além disso, o planejamento do setor até este momento havia privilegiado investimentos na expansão da geração de eletricidade, negligenciando sua transmissão e distribuição. O agravamento desta crise fez necessária uma reestruturação do setor, que teve início na década de 1990 com a sua desverticalização institucional e funcional e pela privatização das grandes estatais para promover a geração de capital (BAER, MCDONALD, 1997; MARINS, 2010; SILVA, 2011).

Segundo Araújo (2009) e Marins (2010), a reestruturação do setor elétrico teve início em 1993 com a Lei nº 8.631 e os Decretos nº 1.009 e nº 915. No primeiro caso, foi eliminado o regime de equalização tarifária e remuneração garantida, tornando obrigatória a celebração de contratos de fornecimento de energia elétrica entre as empresas geradoras e as distribuidoras. O Decreto nº 1.009/1993 criou o Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica (SINTREL) sendo responsável pela desvinculação entre a transmissão e a geração de eletricidade. Por fim, o Decreto nº 915/1993 permitiu a formação de consórcios de geração hidrelétrica entre concessionárias e autoprodutores de energia.

A desverticalização institucional ocorreu em 1996, com a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) pela Lei nº 9.427. O SEB foi dividido nas funções de fornecimento, caracterizada pela geração e transmissão da energia elétrica, e de suprimento, caracterizada pela distribuição (MARINS, 2010). A ANEEL assumiu a responsabilidade de regular e fiscalizar as diversas áreas do setor, promovendo licitações para a contratação de concessionárias, além de fixar critérios para os preços da transmissão da energia.

Enfim, em 1998 a Eletrobrás foi reestruturada e um novo modelo de comercialização foi instituído pela Lei nº 9.648. O Mercado Atacadista de Energia (MAE) permitiu a liberdade de escolha no fornecimento de energia para determinados consumidores, sendo responsável por intermediar e registrar todas as transações de compra e venda de eletricidade no sistema elétrico,

sendo que poderiam ser firmados contratos de curto prazo (mercado spot) ou de longo prazo (bilaterais) (ARAÚJO, 2009; MARINS, 2010).

Diversos autores criticam as reformas realizadas no SEB na década de 1990, indicando inclusive que estas foram responsáveis pelo racionamento de 2001. Sauer (2002) argumenta que os resultados obtidos com a reestruturação foram insignificantes do ponto de vista macroeconômico e causaram prejuízos à economia e à população do país. O autor dá como exemplos os baixos valores alcançados na venda das concessões, a perda de qualidade nos serviços devido à dispensa de corpos técnicos qualificados das empresas estatais durante o processo de privatização, o aumento progressivo das tarifas, levando à perda de competitividade nos setores produtivos e o aumento da inadimplência, e a queda acentuada dos investimentos em expansão e manutenção dos sistemas de geração e distribuição (SAUER, 2002).

Araújo (2009) argumenta que a reestruturação do setor elétrico realizando tanto a sua desverticalização e sua privatização ao mesmo tempo foi uma estratégia equivocada, pois foram criadas diferenças em alguns contratos de concessão, como no caso das concessionárias Escelsa, do Espírito Santo, e Light, do Rio de Janeiro. Ambas foram vendidas antes da criação da ANEEL, ocasionando diferenças que, na opinião do autor, não deveriam existir em um mercado regido pela igualdade de condições. O autor também critica o fato de que a reestruturação ignorou que usinas em regime de concessão de serviço público com mais de 20 anos de operação já teriam sido quase totalmente amortizadas pelos consumidores há época das privatizações e, portanto, não deveriam ter sido leiloadas como novas (ARAÚJO, 2009).

Dentre outros fatores decisivos que levaram ao racionamento de eletricidade em 2000 e 2001, como a falta de investimentos em expansão, geração e transmissão do SEB, a seca ocorrida em nível nacional – um efeito adverso do clima –, contribuiu à sua ocorrência por tornar vulnerável o parque de geração hidrelétrico. A produção de hidroeletricidade no período chegou a variar de 28% a 46% (CEBDS, 2013).

Logo após a crise de fornecimento de energia de 2001, foi criado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) pela Lei nº 10.438/2002. O Programa foi criado com o objetivo de diversificar a matriz elétrica do país com apoio do BNDES, que poderia financiar até 80% de projetos de usinas eólicas, solares, de biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs).

Apesar de criado em 2002, o PROINFA só foi efetivamente planejado no governo de Luis Inácio Lula da Silva (2003 – 2010), que promoveu diversas modificações em seu texto original. Foram definidas duas fases de implantação, sendo que na primeira, de 2004 a 2008, a Eletrobrás seria responsável pela contratação de 3.300 MW, assegurando a compra da eletricidade gerada pelas usinas contratadas por um período de 20 anos. A segunda fase do Programa, por sua vez, prevê que as fontes eólicas, de PCHs e biomassa correspondam a 10% do consumo anual de eletricidade do país (BRASIL, 2002).

O governo de Lula também foi responsável por estabelecer uma nova reestruturação do setor elétrico, instituída pelas Leis nº 10.847 e 10.848, ambas de 15 de março de 2004. A primeira consolidou o planejamento do setor elétrico na visão estratégica do governo, criando a EPE, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), responsável por

“prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras” (art. 2º) (BRASIL, 2004a).

A Lei nº 10.848/2004, por sua vez, definiu a extinção do MAE em lugar à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), além de estabelecer que concessionárias federais, estaduais e municipais poderiam comercializar sua energia em leilões (BRASIL, 2004a).

O Decreto nº 5.163/2004 por fim regulamentou o novo setor elétrico, apresentando as regras gerais para a negociação e contratação de eletricidade em ambientes regulados e livres, para a outorga de concessões e para a realização de leilões de eletricidade (SILVA, 2011).

A eletricidade comercializada no Ambiente de Contratação Livre (ACL) é contratada por meio de contratos bilaterais negociados entre as geradoras ou comercializadoras com os consumidores livres, caracterizados por terem uma demanda de pelo menos 3 MW. Já a eletricidade comercializada no Ambiente de Contratação Regulado (ACR) é contratada por meio de leilões nos quais as comercializadoras e distribuidoras têm de comprar 100% de suas demandas atuais e futuras das geradoras (ARAÚJO, 2009; REGO, 2009 apud SILVA, 2011). Os consumidores com demanda menor do que 3 MW, como os residenciais, recebem a eletricidade contratada pelas distribuidoras, pagando as tarifas definidas pela distribuidora de sua região.

Em janeiro de 2013, no governo de Dilma Rousseff (2011 – 2014), foi sancionada a Lei nº 12.783 como resultado da Medida Provisória nº 579/2012. A Lei instituiu a redução das tarifas de eletricidade e adiantou as renovações das concessões do setor que expirariam a partir de 2015. A redução das tarifas de eletricidade foi possibilitada pela extinção de alguns dos encargos cobrados, estimando-se uma economia de 18% no setor residencial e de 32% no setor industrial.

No que se refere à renovação das concessões do setor, esta só será realizada caso as concessionárias aceitem que a remuneração de seus ativos depreciados ou amortizados seja reduzida aos custos de operação e manutenção, além de as tarifas do novo período de concessão serem determinadas pela ANEEL (LOSEKANN, 2012; JARDIM, 2013). Isto não seria problema, caso as concessionárias não incluíssem os ativos depreciados e amortizados em seus fluxos de caixa. Losekann (2012) esclarece que este é justamente o caso das concessionárias de geração, mas que o cenário não se aplica às concessionárias de transmissão e distribuição, que têm suas tarifas já reguladas pela ANEEL sem que os investimentos depreciados entrem na base de remuneração (LOSEKANN, 2012).

Assim, apesar de a nova legislação ser importante pela redução da tarifa de eletricidade cobrada no país – uma das maiores do mundo – é importante ressaltar que as concessionárias de geração foram extremamente prejudicadas. Pereira e Queiroz (2013 apud JARDIM, 2013) indicam ainda que as empresas prejudicadas são majoritariamente estatais, já que aquelas privadas e estatais de partidos políticos desvinculados do governo atual não aceitaram as condições previstas. Logo, forçadas a aceitar as condições estabelecidas, as geradoras estatais terão uma redução de receita de mais de 60%, sendo que as indenizações pagas provavelmente não compensarão tais perdas (PEREIRA; QUEIROZ, 2013 apud JARDIM, 2013).

### 2.1.2 Tendências

Silva (2011) defende que a reforma do SEB promovida pelo governo Lula foi bem sucedida, pois permitiu a remoção de entraves que inibiam investimentos em fontes renováveis de energia que não a hídrica e que até então não recebiam atenção devido ao seu retorno mais lento sobre o capital investido. No entanto, outros autores apontam diversas críticas ao modelo estabelecido.

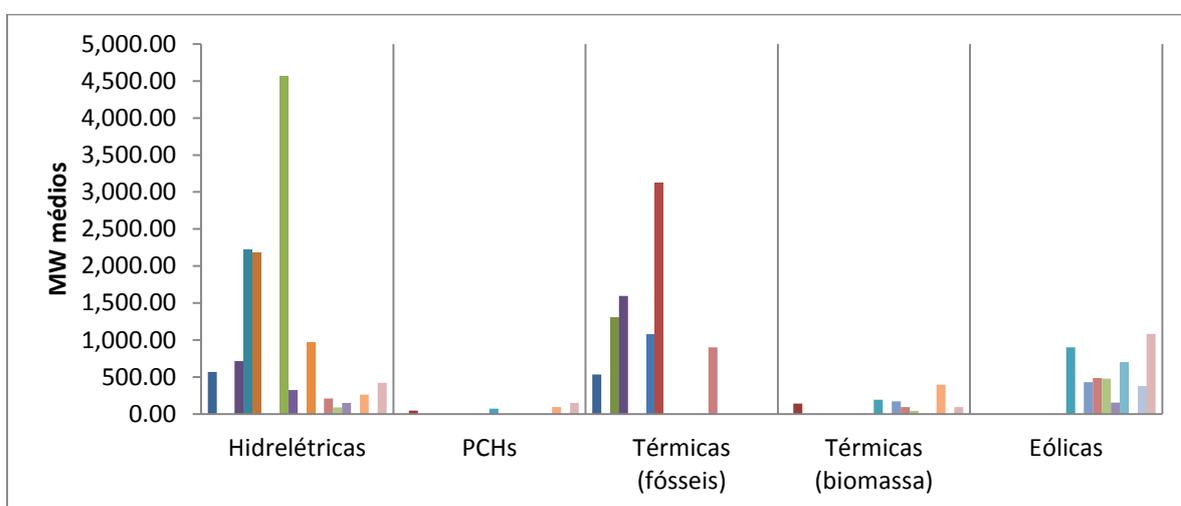
Castro et al. (2013) discute que apesar de a redução das tarifas cobradas pela eletricidade ser de fato importante e de sua legislação ser aplicada apenas em usinas já amortizadas, privilegiando investimentos em novos empreendimentos de fontes renováveis complementares, o novo marco regulatório promoveu também uma instabilidade econômica responsável por reduzir o valor das ações de diversas empresas ao longo de 2013. No caso da Eletrobrás, suas ações perderam 49,70% de seu valor, enquanto as da Companhia Energética de São Paulo (CESP) e da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) caíram 40% e 33%, respectivamente (CASTRO et al., 2013).

Além disso, Pereira e Queiroz (2013 apud JARDIM, 2013) explicam que os principais fatores que aumentam o preço da energia têm relação com o modelo regulatório em vigor e não tanto com os encargos cobrados – mesmo que excessivos. Os autores apontam como exemplo a contratação de térmicas a óleo nos leilões de energia – mais caras - e o despacho de UTEs de custo elevado (PEREIRA; QUEIROZ, 2013 apud JARDIM, 2013).

Goldenberg e Lucon (2006) citam que as projeções de demanda da EPE, utilizadas para a realização dos leilões que permitem a expansão do parque gerador, utilizam simulações com premissas, do ponto de vista dos autores, equivocadas, pois têm levado a uma distorção do parque de geração brasileiro, com a maioria da eletricidade comercializada nos leilões proveniente de UTEs (GOLDENBERG; LUCON, 2006).

Nos leilões realizados pela EPE entre 2006 e 2013, a energia de UTEs representa 31% da eletricidade comercializada, contra 46% de UHEs, sendo estas as fontes majoritárias de comercialização nos leilões. A eletricidade fornecida pelas UTEs, no entanto, é mais cara e contribui justamente às mudanças climáticas pela emissão de GEE na atmosfera. Verifica-se também que a eletricidade proveniente de usinas eólicas e da biomassa têm recebido nova

atenção nos últimos quatro anos, desde o Leilão de Fontes Alternativas 2010. Desde então, estas fontes de energia comercializaram 1.123,10 MW médios e 4.607 MW médios, respectivamente. Apesar destas fontes serem pouco expressivas no quadro geral (representam apenas 4% e 17% do total de energia dos leilões, respectivamente), é positivo o enfoque e atenção dado pela EPE nos leilões mais recentes a estas fontes de energia. A Figura 1 mostra a evolução da comercialização das fontes de energia ao longo dos leilões realizados pela EPE. É importante notar que a figura mostra os montantes contratados em MW médios, de modo que os resultados dos leilões A-5 2005, A-3 2006, Reserva 2008, A-3 2009, A-1 2009, Reserva 2009 e A-1 2010 não constam na figura por não terem seus resultados apresentados nesta unidade.



**Figura 1 – Histórico de comercialização de eletricidade nos leilões da EPE**

**Fonte: Adaptado de EPE, 2014**

Assim, verifica-se que a hidroeletricidade continua sendo a aposta do governo para consolidação do parque de geração e garantia da segurança energética do país. A eletricidade das usinas de Santo Antônio, Jirau e Belo Monte já foi leiloada pela EPE a despeito da discussão da sociedade acerca de seus impactos ambientais, caracterizados principalmente pela necessidade de extensos reservatórios de armazenamento de água. Além disso, tais usinas localizam-se na Amazônia, sendo extremamente vulneráveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas e fazendo necessário o investimento em longas linhas de transmissão para conexão ao Sistema Interligado Nacional (SIN). No caso de Belo Monte, além dos pontos negativos discutidos, apesar de a usina ter uma grande capacidade instalada, sua eficiência real será de apenas 40% devido à sua baixa energia assegurada.

Tais usinas de grande escala são vistas pelo governo como de extrema importância à segurança energética do país, sendo divulgadas como fundamentais ao fornecimento de eletricidade à população. No entanto, estivesse o governo de fato interessado em diversificar a matriz elétrica e planejar o setor de forma holística, não priorizaria investimentos em tais usinas nem em termelétricas e investiria em fontes renováveis complementares que podem promover a descentralização do sistema, bem como garantir a sua adaptação e resiliência com níveis mais baixos de impactos negativos ambientais e níveis de poluição.

Tais fontes renováveis complementares têm o potencial inclusive de superar a geração obtida por estas usinas, caso fossem realmente aproveitadas. O leilão de reserva realizado pela EPE em 2008, por exemplo, contratou o equivalente a 66,45% da capacidade da UHE Santo Antônio de usinas movidas a biomassa. Em 2009 e 2013, o equivalente a 88,29% e 92,48% da capacidade das UHEs Jirau e Santo Antônio foi contratado de usinas eólicas em leilões de reserva (EPE, 2014).

A legislação também comprometeu a receita das concessionárias de geração, em especial de estatais, de modo que a capacidade de investimento destas empresas será comprometida. Jardim (2013) explica que este cenário pode atingir a segurança no fornecimento de energia, levando a um desastroso resultado no médio prazo, com crescente risco de déficit e possibilidade de descompasso entre crescimento da demanda e dos investimentos, conforme ocorrido de meados da década de 1980 ao início dos anos 2000.

Ademais, a Lei nº 12.783/2013 apesar de ser importante por reduzir a tarifa da eletricidade cobrada, pode induzir, indiretamente, ao aumento da cultura de desperdício pela economia que será recebida na conta de energia dos consumidores.

Assim, a tendência verificada na postura do governo e da EPE nos últimos anos é a de continuar investindo na expansão do parque de geração do país por meio de fontes hídricas e térmicas, com incentivos recentes e importantes em fontes renováveis como eólica e biomassa, mas que ainda mostram-se muito aquém da capacidade que poderiam adquirir na matriz elétrica.

## 2.2 Mudanças do Clima

A temática das mudanças climáticas começou a ser discutida pela sociedade na década de 1960 e sua pauta foi consolidada politicamente ao longo da década de 1970 a partir de uma série de reuniões organizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) (OMM, 2013).

A primeira conferência especificamente destinada à discussão do clima – a Conferência Climática Mundial -, ocorreu em 1979 sendo organizada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), uma agência especializada da ONU. A Conferência teve o objetivo de discutir e avaliar o conhecimento climático da época, inclusive da vulnerabilidade da sociedade a eventos climáticos e ambientais. Como consequência deste encontro, foram criados o Programa de Clima Global (do inglês *World Climate Programme* – WCP) e sua componente de pesquisa, o Programa de Pesquisa Climática Mundial (do inglês *World Climate Research Programme* – WCRP) (OMM, 2013).

Em 1988, a OMM em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) criou o IPCC em resposta ao reconhecimento global de que as emissões antrópicas de GEE poderiam influenciar o sistema climático do planeta. O objetivo do IPCC é o de fornecer análises científicas sobre todos os aspectos relacionados às mudanças do clima (IPCC, 2007).

Em 1990, o primeiro Relatório de Análise do IPCC foi publicado (*IPCC First Assessment Report* – FAR) e, em seguida, a OMM organizou sua Segunda Conferência Climática Mundial com o intuito de revisar o documento elaborado (OMM, 2013). Como resultado, foi estabelecido o Sistema de Observação do Clima Global (do inglês *Global Climate Observing System* – GCOS) e foi enfatizada a necessidade de uma cooperação internacional em pesquisa e desenvolvimento de políticas ambientais e do desenvolvimento de uma convenção sobre mudanças do clima (OMM, 2013).

Finalmente, em 1992 foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC) como resultado da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro e mais conhecida como Eco-92. Além da CQNUMC, também foram criadas as convenções para a biodiversidade e desertificação. Em 1994, a CQNUMC foi ratificada pelo Congresso Nacional e entrou em vigor.

Em 1995, na primeira reunião das partes envolvidas na CQNUMC – denominada de Conferência das Partes (COP) foi verificado que a estimativa de reduções de emissão dos GEE proposta originalmente pela CQNUMC estava inadequada e, durante a terceira reunião das partes, ou COP-3 foi lançado o texto do Protocolo de Quioto (PQ) (CQNUMC, 2013).

Apesar de lançado em 1995, o PQ foi ratificado apenas em 2005, estabelecendo que seus países signatários reduzissem suas emissões de GEE sob o conceito de responsabilidades comuns, mas diferenciadas. Na prática, este conceito separou os países signatários do PQ em dois grupos, Anexo 1 e Não-Anexo 1. No primeiro, fazem parte os países desenvolvidos que são obrigados a reduzir suas emissões de GEE em 5% abaixo dos níveis de 1990 em um prazo de 2008 a 2012, enquanto os países em desenvolvimento fazem parte do segundo grupo, sendo isentos de tal obrigatoriedade.

O primeiro período de compromisso do PQ foi definido entre 2008 e 2012, no qual os países signatários do Anexo 1 teriam de reduzir suas emissões em 5,2% em relação aquelas de 1990. Para tanto, foi definido um mercado de emissões em que os países Anexo 1 recebem uma determinada cota de emissão e, caso esta não seja totalmente utilizada, seu excedente poderá ser comercializado no mercado. Além deste mercado, foram definidos dois mecanismos auxiliares de redução das emissões para os países de ambos os grupos: a Implementação Conjunta (IC); e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

A IC é válida somente para países do Anexo 1 e consiste na permissão de que estes países desenvolvam projetos de reduções de emissão em países Não-Anexo 1. Tais projetos geram Unidades de Emissão Reduzida (do inglês *Emission Reduction Units* – ERU), que são subtraídas do total de emissões designadas já que os países Anexo 1 têm metas definidas de redução de emissão.

O MDL, por sua vez, consiste no desenvolvimento de projetos de redução de emissão nos e pelos países Não-Anexo 1, que geram Reduções Certificadas de Emissão (RCE) – as quais podem ser negociadas no mercado mundial, regulado pela CQNUMC. Os países Anexo 1 podem comprar uma determinada cota destes créditos para alcançar suas metas designadas.

### 2.2.1 Histórico da Regulação no Brasil

A responsabilidade pela coordenação da implantação dos compromissos resultantes da CQNUMC no Brasil foi originalmente atribuída à Coordenadoria de Mudanças do Clima, sob a responsabilidade do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), pelo Decreto nº 1.160/1994.

O governo brasileiro foi um dos atores mais importantes durante as negociações que levaram à adoção do PQ em 1997, sendo que a Coordenadoria foi responsável pela proposição de um Fundo de Desenvolvimento Limpo que serviu de base à criação do modelo do MDL no âmbito do PQ (BRASIL, 2010a). Além disso, foi responsável por propor o conceito de responsabilidades comuns, mas diferenciadas com base na responsabilidade histórica dos países industrializados em causar o aumento de temperatura (BRASIL, 2010a).

A institucionalização da questão climática ocorreu no Brasil com a criação da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC) pelo Decreto de 07 de julho de 1999, cuja criação teve o objetivo de coordenar as ações do governo na área de mudanças climáticas frente a perspectiva de consolidação do PQ e de seus mecanismos de mercado (BRASIL, 2010a). A Coordenadoria de Mudanças do Clima, então, passou a atuar como a Secretaria-Executiva da CIMGC.

Em 2000, foi criado o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC) pelo Decreto nº 3.515, de modo integrado à CIMGC e com o objetivo de

“conscientizar e mobilizar a sociedade para a discussão e tomada de posição sobre os problemas decorrentes da mudança do clima por gases de efeito estufa, bem como sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” (art. 1º) (BRASIL, 2000).

Em 2004, o país submeteu à CQNUMC seu primeiro inventário nacional de emissões de GEE que avaliou as emissões dos setores de energia, processos industriais, uso de solventes e outros produtos, agropecuária, mudança no uso da terra e florestas, e tratamento de resíduos.

Em 2007, foi instituído o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) pelo Decreto nº 6.263, composto por órgãos federais e pelo FBMC, com o objetivo de orientar a elaboração de uma Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), a qual foi enfim instituída pela Lei nº 12.187 em dezembro de 2009.

A PNMC definiu a adoção de ações voluntárias de mitigação das emissões de GEE com vistas a reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões projetadas até 2020, com base nos valores de 2005 (BRASIL, 2009). A PNMC também é importante, pois introduziu os conceitos de adaptação e vulnerabilidade, antes ignorados pelas instituições pela priorização de ações de mitigação. Além disso, medidas de adaptação foram oficializadas como diretrizes da política. No primeiro caso, definiu-se como sendo as ações para redução da vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos aos efeitos da mudança do clima (art. 2º, inciso I), enquanto vulnerabilidade foi definida como o

“grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos” (art. 2º, inciso X) (BRASIL, 2009).

Apesar do avanço institucional obtido com a PNMC, verifica-se o posicionamento do governo em não abandonar as fontes fósseis na matriz energética sob a justificativa da segurança energética, aja visto o veto do artigo 4º, inciso III que previa o estímulo ao desenvolvimento e uso de tecnologias limpas em decorrência do abandono “paulatino do uso de fontes energéticas que utilizem combustíveis fósseis”.

Em 2010, o Decreto nº 7.390 regulamentou a PNMC estabelecendo as diretrizes para elaboração de Planos Setoriais de mitigação e adaptação nas áreas de energia elétrica, transportes e nas indústrias de transformação, química, de papel e celulose, de mineração e de construção civil, além dos serviços de saúde e a agropecuária, conforme definidos no parágrafo único do artigo 11 da Política (BRASIL, 2010b).

O decreto definiu a linha de base de emissões do país para 2020 em um total de 3.236 milhões de toneladas de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>eq), definindo para cada setor uma linha de base de emissões específica (art. 5º). Este cálculo foi elaborado pela EPE a partir de modelos de previsão de demanda baseados em estimativas populacionais, econômicas e de evolução da intensidade das emissões nos devidos setores.

## 2.2.2 Impactos da Regulamentação Climática no SEB

No setor elétrico, a EPE é responsável pelo planejamento da expansão da oferta de energia no país considerando a expansão da demanda. O Plano Nacional de Energia (PNE) é o estudo de longo prazo do setor energético que considera um horizonte de 25 anos. O último estudo realizado avalia a oferta e a demanda de energia no Brasil até 2030, e foi elaborado antes da regulamentação nacional das mudanças climáticas ser instituída pela Lei nº 12.187/2009 e pelo Decreto nº 7.390/2010.

O Plano Decenal de Energia (PDE), por outro lado, foi o primeiro estudo realizado após tal regulamentação, sendo o estudo de curto prazo do setor energético, com um horizonte de dez anos. O PDE 2020 estuda a expansão da geração e da demanda por energéticos, dentre os quais a eletricidade, no período entre 2011 e 2020.

De modo geral, o PDE 2020 é otimista e já se encontra defasado com o cenário econômico atual, pois seu cenário de referência utiliza uma taxa média de crescimento para o Brasil de 5%, estimando um cenário em que a expansão econômica dos países em desenvolvimento será acelerada e com uma taxa superior à média mundial. O PDE 2022 manteve esta visão otimista reduzindo a taxa média de crescimento no período de 2013-2017 para 4,5% e mantendo-a como 5% de 2018-2022. No entanto, verifica-se que desde 2011 a economia brasileira têm apresentado resultados aquém dos esperados, com um crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) sempre inferior aos estimados. No fim de janeiro de 2014, o Fundo Monetário Internacional (FMI) reduziu o PIB estimado do Brasil em 2014 para 2,3% (ESTADÃO, 2014).

Devido ao marco regulatório da PNMC, o setor elétrico terá cumprir uma meta de emissão de GEE entre 1.168 e 1.259 milhões tCO<sub>2</sub>e (36,1% e 38,9% respectivamente) e, para tanto, o Decreto nº 7.390/2010 define que o SEB deverá expandir sua oferta hidrelétrica, de fontes alternativas renováveis – dentre as quais eólica, PCHs, bioeletricidade e biocombustíveis -, além de aumentar ações visando à eficiência energética (BRASIL, 2010b).

O PDE 2020 prevê que nos próximos dez anos a capacidade instalada do parque de geração elétrico no país aumentará em 56,2%. As fontes renováveis complementares de energia, caracterizadas por PCHs, usinas eólicas e termelétricas a biomassa, terão sua capacidade aumentada em 197%, de 9.133 MW para 27.142 MW. O previsto para as fontes fósseis, por sua

vez, é um aumento de 64,3% em sua capacidade instalada devido aos leilões de energia nova no período entre 2005 e 2008 (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012).

No entanto, sabe-se que o aumento da participação das fontes fósseis na matriz elétrica brasileira será maior do que o apresentado pela EPE, pois estas têm sido utilizadas intensamente pelo ONS para suprir a demanda do país desde o fim de 2012. Em janeiro de 2014, devido a uma demanda recorde, a energia despachada por UTEs chegou a 12.791 MW médios (ECOFINANÇAS, 2014). Assim, somando-se à entrada em operação das usinas termelétricas leiloadas entre 2005 e 2008, as usinas despachadas entre 2012 e 2014 ocasionarão um aumento significativo nas emissões de GEE do SEB. O fator de emissão do SEB atingiu valores recordes em 2012 e 2013, chegando aos 0,36 tCO<sub>2</sub>/MWh e 0,39 tCO<sub>2</sub>/MWh, respectivamente<sup>1</sup> (MCT, 2014).

Dentre as medidas de mitigação e adaptação incorporadas pelo PDE 2020 estão o

“aumento da eficiência energética, incremento do parque instalado de hidroeletricidade e fontes alternativas de energia elétrica como eólica, biomassa e PCHs, além da avaliação das áreas de expansão da cana necessárias para o aumento do volume de biocombustíveis e consequente substituição de combustíveis fósseis, estão entre as medidas incorporadas” (EPE, 2011).

Apesar de as medidas previstas no PDE 2020 para o estímulo à eficiência energética e a manutenção da participação de fontes renováveis na produção de energia elétrica, as fontes complementares de energia renovável ainda não estão sendo exploradas com o intuito de darem uma maior segurança energética no país. Como dito anteriormente, as UTEs permanecem sendo despachadas sempre que o país enfrenta dificuldades em atender a demanda ou em casos de risco nos reservatórios no SIN. Este pensamento deriva do fato de que as empresas do SEB não acreditam ter responsabilidade nas altas emissões de GEE do país, já que a matriz elétrica brasileira é altamente renovável, tendo, portanto, o direito a um “crédito ambiental histórico” que lhes permitiria utilizar as UTEs quando necessário (FMASE, 2013). O pensamento vigente deve ser modificado de modo que o país siga desenvolvendo uma liderança no desenvolvimento de tecnologias limpas, servindo de modelo e tornando-se líder da área frente à comunidade internacional.

---

<sup>1</sup> Valores calculados de acordo com a “Ferramenta para calcular o fator de emissão de um sistema elétrico”, da CQNUMC com os dados fornecidos pelo MCT.

### 2.3 Vulnerabilidades às Mudanças do Clima no Brasil

De acordo com o Quarto Relatório do IPCC (IPCC-AR4), a variabilidade climática e os eventos extremos têm afetado severamente a América Latina ao longo dos últimos anos, tendo sido observadas modificações importantes nos regimes de chuvas e temperaturas da região.

As mudanças do clima afetarão a maior parte do Brasil com um aumento em sua temperatura e com uma redução nos níveis de água superficial, projetando-se uma substituição gradual das florestas tropicais por savanas ao leste da Amazônia, e a substituição da vegetação semi-árida em partes do nordeste por uma vegetação árida, com redução de seus recursos hídricos. Tais modificações esperadas no nordeste brasileiro levarão à salinização e desertificação de terras hoje agricultáveis, afetando, portanto, a segurança alimentar e a economia da região. De modo geral, já se observou um aumento de 0,5°C na temperatura do país (IPCC, 2007).

Nas regiões sul e sudeste, estima-se uma tendência de aumento nos níveis de precipitação, os quais já são verificados com impactos no uso da terra e em áreas agricultáveis, aumentando a frequência e intensidade de enchentes (IPCC, 2007).

Além das tendências acima, eventos extremos bastante incomuns têm ocorrido no país, como o furacão Catarina na região sul em 2004 e a seca na região Amazônica em 2005. No primeiro caso, o furacão Catarina foi o primeiro já observado na região do Atlântico Sul (PEZZA; SIMMONDS, 2005 apud IPCC, 2007), tendo sido responsável pela destruição de mais de 3.000 residências (CUNHA et al., 2004 apud IPCC, 2007). Além disso, uma enchente severa atingiu a região leste da Amazônia, afetando milhares de pessoas (INPE, s.d. apud IPCC, 2007).

A intensidade de eventos extremos como os citados acima deverá aumentar devido justamente ao cenário de elevação de temperatura e de alteração do regime de chuvas estimado para o Brasil, com maior ocorrência de secas e enchentes que poderão ameaçar a infraestrutura de abastecimento de água e eletricidade nas áreas urbanas do país (IPEA, 2011).

Considerando que a hidroeletricidade é a principal fonte de geração no Brasil, o grau de vulnerabilidade do país aos efeitos do clima é particularmente sensível. O Relatório atenta ao fato de que uma combinação de aumento da demanda por eletricidade e falta de chuvas pode ocasionar colapsos e crises como o ocorrido em 2001, com a crise de racionamento -

responsável por contribuir à uma redução de 1,5% no PIB do país (Kane, 2002 apud IPCC, 2007).

### 2.3.1 Caracterização Hidrológica Brasileira

O Brasil apresenta características de relevo que fazem predominar em seu território os chamados rios de planalto, cujas particularidades resultam em um alto potencial para a geração de eletricidade (BRASIL, 2010a). A divisão hidrográfica do país está apresentada na Figura 2.

Apesar de ser a maior bacia hidrográfica do país, a bacia Amazônica é a menos explorada, com apenas 5,3% de 89.738 MW aproveitados (Brasil, 2010a), devido principalmente ao relevo plano da região. Além disso, a biodiversidade, sua proximidade com áreas de proteção e populações indígenas e a distância dos principais centros consumidores do país são fatores que também interferem no baixo aproveitamento hidrelétrico na região (Brasil, 2010a).

Na região nordeste, a principal bacia hidrográfica é a do rio São Francisco, que se desloca em grande parte do semi-árido. A bacia contribui ao atendimento da demanda elétrica das regiões sul e sudeste pela produção de hidroeletricidade pelos reservatórios de Sobradinho, Itaparica, Paulo Afonso e Xingó (TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 2006).



**Figura 2. Bacias Hidrográficas do Brasil**

**Fonte: ANEEL, 2010 apud Brasil, 2010a**

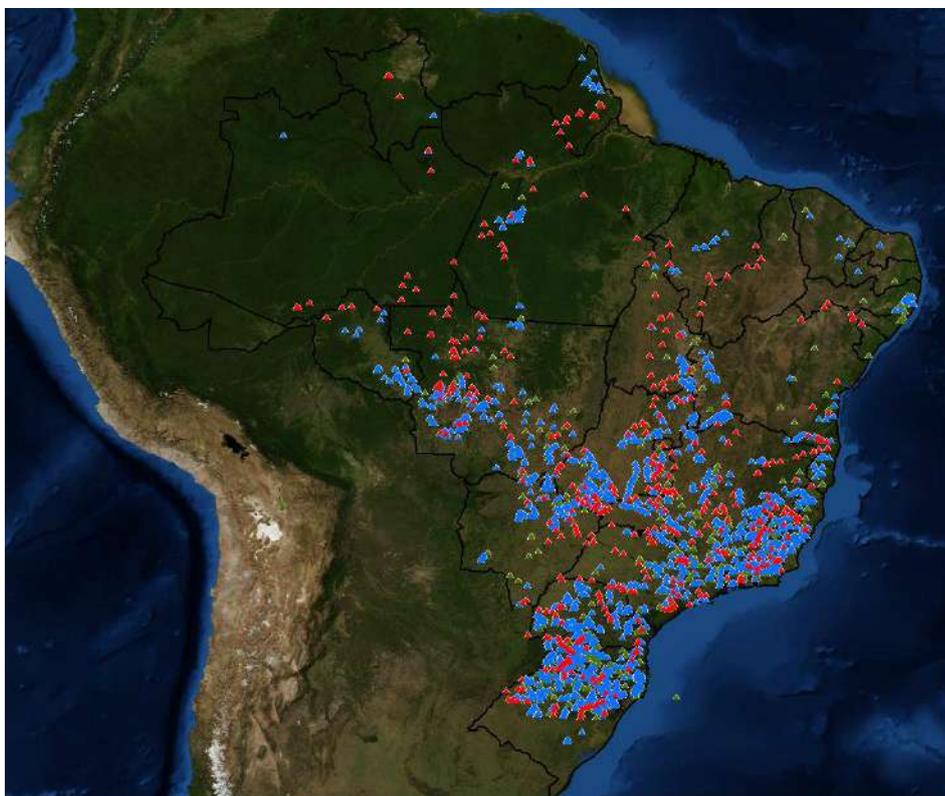
A bacia do Prata, que abrange os rios Paraná, Paraguai e Uruguai, tem cerca de 3.100.000 km<sup>2</sup> e é a bacia hidrográfica mais importante do país, abrangendo a maior parte da população brasileira nas regiões centro-oeste, sul e sudeste, localizada em grandes áreas metropolitanas (TUNDISI; TUNDISI, ROCHA, 2006). A bacia tem o maior aproveitamento hidrelétrico do país e é o principal pólo econômico com atividades industriais e agrícolas. No entanto, sua exploração já revela impactos ambientais negativos, como a erosão causada pelas atividades agrícolas que leva à sedimentação dos reservatórios, aumentando, conseqüentemente, os custos para drenagem dos rios. Além disso, a sedimentação altera o fluxo d'água, produzindo ilhas interiores e interferindo no regime hidrológico dos rios (TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 2006).

As atividades da região também são responsáveis pela poluição e contaminação dos corpos d'água da bacia, bem como o uso e despejo intensivo de agrotóxicos. Com o seu desenvolvimento econômico, a bacia passou a ser intensamente urbanizada, impactando negativamente o ambiente também pela eutrofização dos corpos d'água da bacia (TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 2006).

O Pantanal também faz parte da bacia do Prata, sendo uma grande área alagada com cerca de 150.000 km<sup>2</sup> e um dos sistemas continentais mais importantes ecológica, econômica e socialmente (TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 2006).

As bacias dos rios São Francisco, Paraná, Uruguai e Atlântico Sul são responsáveis pelo fornecimento de eletricidade às regiões sul e sudeste, cujas concentrações demográfica e industrial são as maiores do país (Brasil, 2010a). As bacias dos rios Paraná, Uruguai, Tocantins e São Francisco são as que apresentam maior índice de aproveitamento de seus potenciais, com exploração de 69,4%, 50,2%, 50,1% e 41,2% respectivamente (Brasil, 2010a). Este alto aproveitamento na região centro-sul do país decorre principalmente de seu desenvolvimento econômico e relevo predominante de planaltos, que permitem o uso de quedas d'água expressivas para a geração de eletricidade.

Assim, de modo geral 36% do potencial hidrelétrico estimado no país já foi aproveitado, sendo que em relação ao potencial inventariado este valor é de 47% (Brasil, 2010a). A Figura 3 mostra a localização dos aproveitamentos hidrelétricos no Brasil, considerando Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs), PCHs e UHEs.



**Figura 3. Aproveitamentos hidrelétricos no Brasil**

**Fonte: ANEEL, 2014**

### 2.3.2 Projeções climáticas

No Brasil, os autores Lucena, Marengo, Nobre, Salati, Schaeffer e Szklo são as principais referências nos estudos de projeções climáticas considerando os efeitos adversos do clima. Os autores concordam que nas últimas décadas verificou-se um aumento de temperatura de modo geral no país, e estimam que tal aquecimento continuará a aumentar (IPCC, 2001 apud SALATI et al., 2007; MARENGO et al., 2007; SCHAEFFER et al., 2008; CEBDS, 2013).

Em relação aos níveis de precipitação, Marengo et al. (2007) indica que não foi observada uma tendência de redução nas chuvas na Amazônia devido ao desmatamento da região, mas foram observadas variações interdecadais de períodos mais secos e chuvosos. Ademais, foi observado um aumento das chuvas na região sul e, na região sudeste, o total anual não sofreu alterações perceptíveis nos últimos 50 anos. Seguindo a tendência de chuvas, foi observado que a vazão dos rios aumentou na região sudeste, sendo que na região norte, nordeste e centro-oeste não foram observadas alterações (MARENGO et al., 2007).

As projeções sobre o clima futuro são obtidas por Modelos Climáticos Globais (MCG, do inglês *Global Climate Model*) utilizados pelo IPCC. Os estudos realizados por Salati et al. (2007) e Marengo et al. (2008), utilizados neste trabalho, demonstram os balanços hídricos considerando os efeitos das mudanças globais do clima utilizando cinco MCGs do IPCC que variam entre dois cenários de emissões de GEE: um pessimista (A2); e outro otimista (B2). Os MCGs utilizados foram:

- HadCM3 - *Hadley Centre for Climate Prediction and Research*, da Inglaterra;
- CSIRO-Mk2 - *Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*, da Austrália;
- CCCMA - *Canadian Center for Climate Modeling and Analysis*, do Canadá;
- GFDL-CM2 - *National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA-Geophysical Fluids Dynamic Laboratories*;
- CCSR/NIES - *Center for Climate Studies and Research CCSR/National Institute for Environmental Studies NIES*.

O cenário A2 tem uma visão pessimista, de alta emissão, e descreve:

“um mundo heterogêneo, em que a ênfase é no desenvolvimento econômico orientado para o regional. Nesse cenário, há menos ênfase nas interações econômicas, sociais e culturais entre regiões, que se tornam mais autoconfiantes e tendem a preservar as identidades locais. Além disso, o crescimento econômico per capita e a mudança tecnológica são desiguais e lentos, o que não ajuda a reduzir a distância entre locais hoje industrializados e partes do mundo em desenvolvimento” (IPCC, 2000 apud LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

Já o cenário B2 apresenta uma visão otimista, com baixa emissão, no qual há:

“uma preocupação maior em relação à sustentabilidade ambiental e social nos níveis nacional e local. Esse cenário apresenta um mundo com população global em crescimento contínuo a uma taxa inferior à do cenário A2, níveis intermediários de desenvolvimento econômico, além de inovações tecnológicas mais heterogêneas regionalmente” (IPCC, 2000 apud LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

Ambos os cenários do IPCC foram traduzidos em projeções climáticas para o Brasil por especialistas do CPTEC/INPE, com o uso do modelo Fornecimento de Climas Regionais para Estudos de Impacto (PRECIS - do inglês *Providing Regional Climates for Impacts Studies*), desenvolvido pelo *Hadley Centre* (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

É importante ressaltar que estes modelos, no entanto, apresentam graus importantes de incerteza e grande variabilidade em seus resultados (MARENGO; SOARES, 2003 apud SALATI et al., 2007; MARENGO; DIAS, 2006 apud SALATI et al., 2007; CEBDS, 2013). Segundo Schaeffer et al. (2008), tais incertezas referem-se principalmente às:

- Emissões futuras de GEE e aerossóis e no nível de atividades vulcânicas e solares que afetam a forçante radiativa do sistema climático;
- Inclusão dos efeitos diretos que um aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera teria nas plantas, e do comportamento destas no futuro; e
- Sensibilidade na simulação do clima global e dos padrões regionais das projeções do clima, devido ao fato de que cada modelo representa diferentemente os processos físicos e mecanismos do sistema climático futuro. Cada modelo, por exemplo, simula um clima global e regional com diferenças quanto à temperatura do ar, precipitação, nebulosidade e circulação atmosférica.

Schaeffer et al. (2008) explica que a incerteza é tanta entre os modelos que alguns indicam cenários de aumento nos níveis de precipitação da Amazônia, enquanto outros apontam para uma redução com drásticos efeitos à fauna e à flora, o que torna difícil a utilização dos cenários

obtidos em estudos de impacto e análise da vulnerabilidade nos quais a precipitação é fator determinante, como no caso da hidroeletricidade.

Assim, considerando-se as incertezas e variabilidades dos modelos, estes apresentam uma tendência geral de aquecimento no país, estimando-se um aumento de 1,3°C a 3,8°C na temperatura até 2100, enquanto na Amazônia tal aumento pode chegar a 8°C (MARENGO et al., 2007; SALATI et al., 2007). Este aumento de temperatura, aliado as alterações nos regimes de chuvas, implica em um aumento na vulnerabilidade da geração hidrelétrica no país, que poderá cair em 1% no cenário A2 e 2,2% no cenário B2 devido à redução na vazão anual média das bacias hidrográficas, que podem vir a sofrer uma queda média de 8,6% e 10,8% nos cenários A2 e B2, respectivamente (SCHAEFFER et al., 2008).

Os modelos também indicam uma redução importante no potencial eólico bruto do país em ambos os cenários, devido à menores ocorrências de vento com velocidade superior a 6,0 metros por segundo, o mínimo considerado favorável à produção de energia. Assim, o potencial brasileiro de geração de eletricidade poderá chegar a até 60% em 2100 em relação ao potencial de 2001. Os modelos indicam tendência de perda de potencial eólico no interior e concentração das áreas favoráveis à geração no litoral do Norte-Nordeste, onde a ocorrência de altas velocidades (maiores que 8,5 metros por segundo) aumentará, mas não o suficiente para compensar as perdas no interior (SCHAEFFER et al., 2008).

Quanto à geração termelétrica, os impactos derivados do aumento de temperatura e alteração dos regimes de chuva podem ocasionar uma redução na eficiência operacional das UTEs a gás natural. No entanto, estas usinas são as menos vulneráveis às mudanças do clima (SCHAEFFER et al., 2008).

### 2.3.2.1 Região Norte

Os MCGs projetam um futuro mais quente e menos úmido para a região norte. Na Amazônia, o clima atual apresenta um longo período de chuvas, de dezembro a maio, com um período seco entre julho e outubro. Os modelos projetam que o nível de precipitação diminuirá e se modificará no tempo, com uma redução na duração da estação chuvosa (MARENGO et al.,

2007). Para a média dos modelos, para ambos os cenários, no entanto, não foi observada nenhuma mudança no número de meses secos (SALATI et al., 2007).

Estima-se também uma redução nas descargas fluviais na Amazônia (SCHAEFFER et al., 2008), sendo que os balanços hídricos feitos a partir dos valores médios dos MCGs para os cenários A2 e B2 mostram uma redução do excesso de água na região em até 33% entre 2071 e 2100 em comparação aos níveis de 1961 a 1990 (SALATI et al., 2007).

Em longo prazo, esta projeção de elevadas taxas de aquecimento – que poderá chegar a 8°C em 2100 (MARENGO et al., 2007; MARGULIS, DUBEUX, 2010) e diminuição da precipitação em vastas áreas da Amazônia consequentemente faria a região entrar em colapso, transformando a floresta em uma área de savana (SCHAEFFER et al., 2008; MARGULIS, DUBEUX, 2010). Além disso, a modificação do clima Amazônico impactaria também o clima regional, por fornecer umidade às regiões centro-oeste e sudeste. O clima mais seco representa um risco à bacia do rio Prata e ao regime de chuvas de cidades como São Paulo, por exemplo (SCHAEFFER et al., 2008).

Apesar destas projeções de redução nos níveis de precipitação na Amazônia, alguns MCGs também apresentam um aumento. A média destes, no entanto, indica uma maior probabilidade de redução de chuva na região norte (MARENGO, 2007).

A Figura 4 mostra a variação sazonal da precipitação na Amazônia no clima atual (CRU) e pelos diferentes MCGs nos cenários A2 e B2, enquanto as Figuras 5 e 6 mostram o balanço hídrico da Amazônia no presente (1961-90) e o simulado para 2071-2100 pela média dos MCGs.

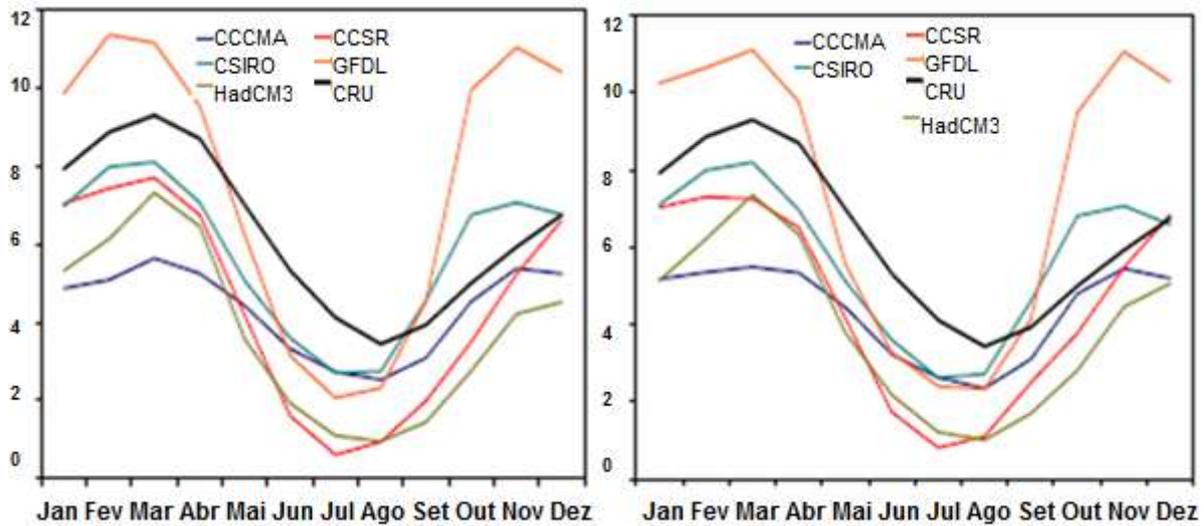


Figura 4. Variação Sazonal da Precipitação na Região Amazônica - Cenário A2 (esquerda) e B2 (direita)

Fonte: SCHAEFFER et al., 2008

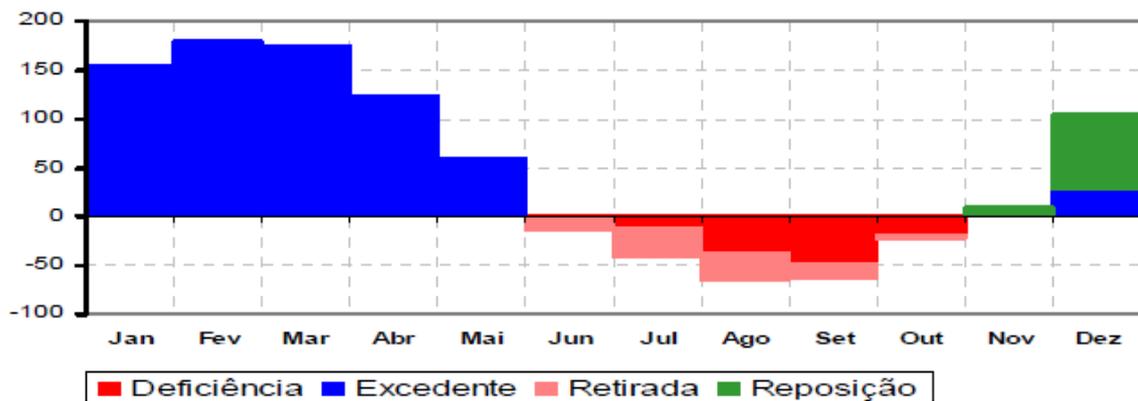
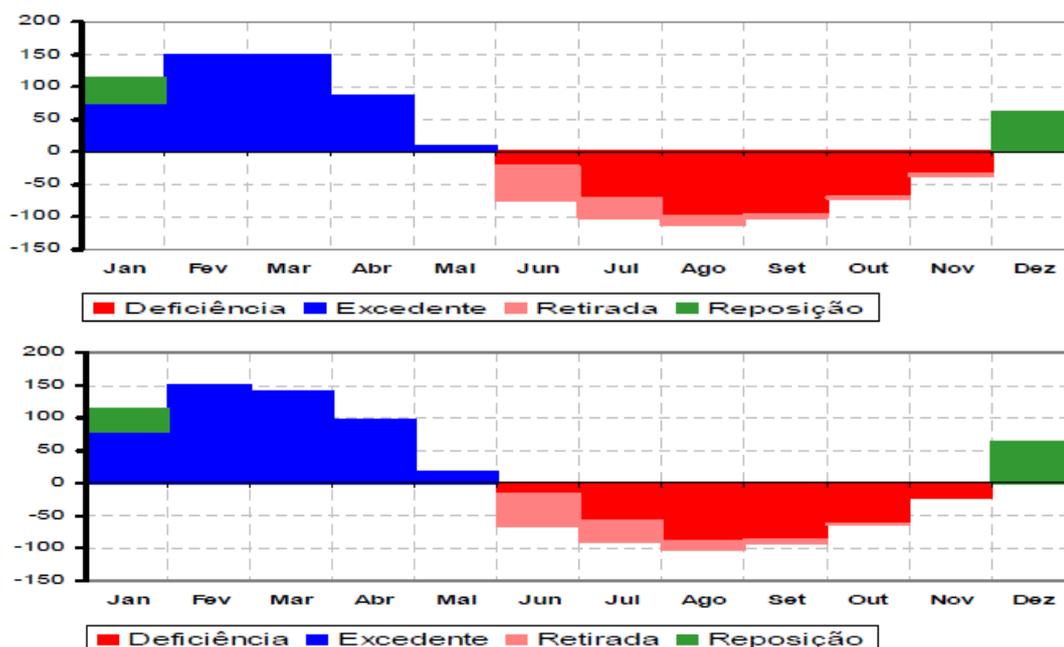


Figura 5. Balanço Hídrico Amazônico Observado (1961-1990)

Fonte: SALATI, 2007



**Figura 6. Balanço Hídrico Amazônico 2071-2100 - Cenário A2 (acima) e B2 (abaixo)**

**Fonte: SALATI, 2007**

### 2.3.2.2 Região Nordeste

Os modelos indicam um clima mais quente na região nordeste, sendo divergentes, no entanto, em relação à sua precipitação. Alguns modelos indicam uma redução importante nas chuvas, enquanto outros apresentam aumento. A média destes modelos, no entanto, indica a tendência de que a redução das chuvas no nordeste é o cenário mais provável (MARENGO et al., 2007).

No cenário A2, verifica-se a tendência de extensão da deficiência hídrica por praticamente todo o ano na região, que hoje ocorre durante os meses de estiagem. Os balanços hídricos atuais mostram que o período chuvoso e de recarga de umidade ocorre de fevereiro a abril, enquanto o período de retirada d'água e deficiência ocorre na estação seca, de julho a meados de janeiro. Os MCGs indicam no cenário A2 que, para o período de 2011 a 2040, poderá ocorrer um pequeno aumento no excesso d'água na região (SALATI et al., 2007), mas, de 2071 a 2100, este excesso sofrerá uma redução significativa (SALATI et al., 2007; MARENGO et al., 2007).

A redução no excesso d'água da região poderá chegar a 100% até 2100 de acordo com a média dos modelos em ambos os cenários A2 e B2, impactando consequentemente seu clima atual que será alterado de um regime semiárido para um clima árido até o fim do século XXI (SALATI et al., 2007).

A Figura 7 mostra a variação sazonal da precipitação no nordeste no clima atual (CRU) e pelos diferentes MCGs nos cenários A2 e B2, enquanto as Figuras 8 e 9 mostram o balanço hídrico da região no presente (1961-90) e o simulado para 2071-2100 pela média dos MCGs.

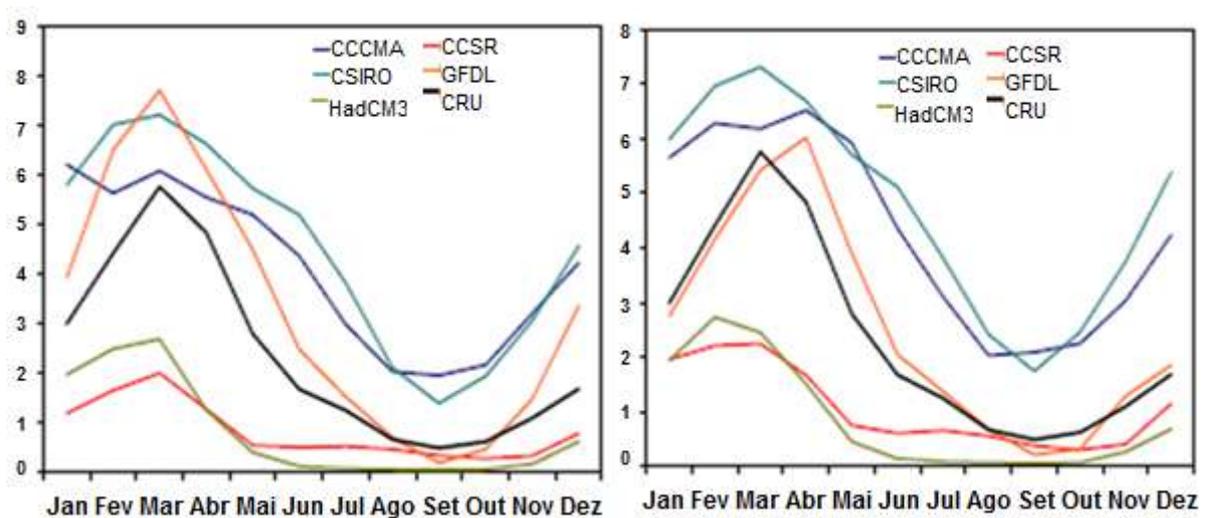


Figura 7. Variação Sazonal da Precipitação no Nordeste - Cenário A2 (esquerda) e B2 (direita)

Fonte: SCHAEFFER et al., 2008

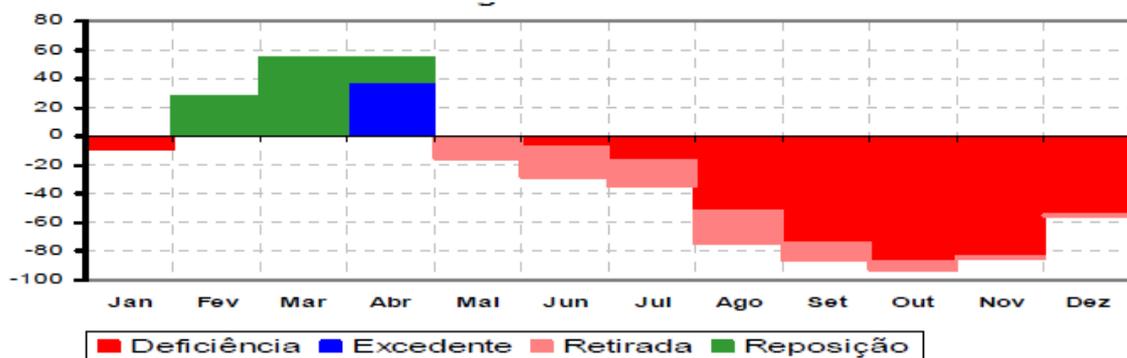
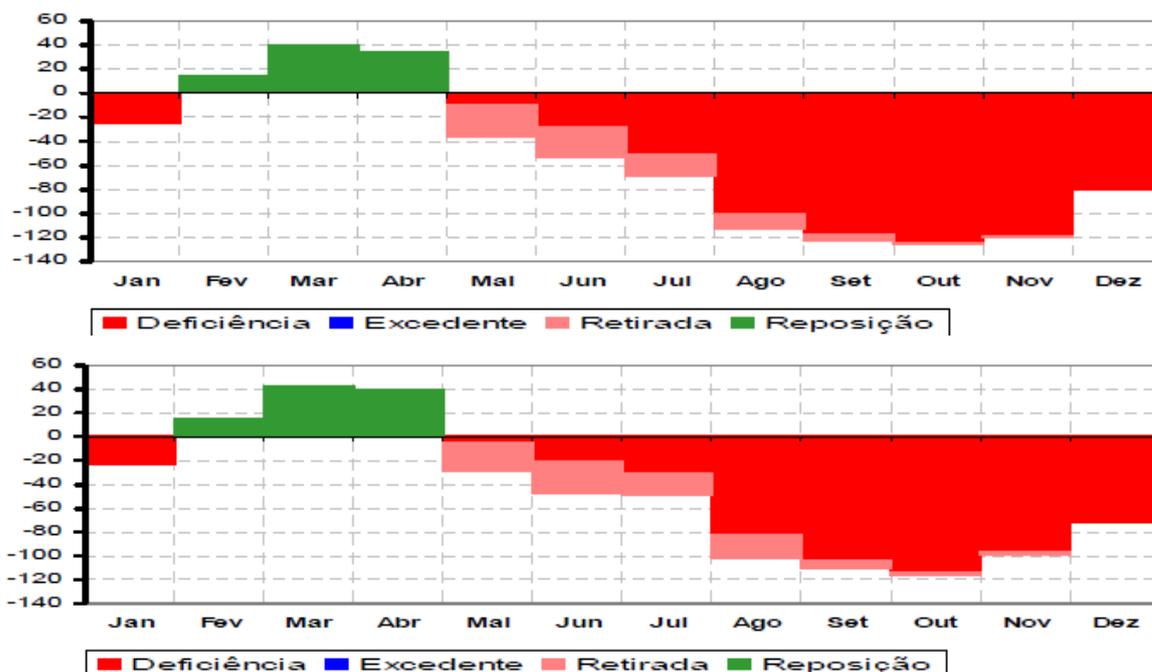


Figura 8. Balanço Hídrico Observado no Nordeste (1961-1990)

Fonte: SALATI, 2007



**Figura 9. Balanço Hídrico Amazônico 2071-2100 – Cenário A2 (acima) e B2 (abaixo)**

**Fonte: SALATI, 2007**

### 2.3.2.3 Região Centro-Oeste, Sul e Sudeste

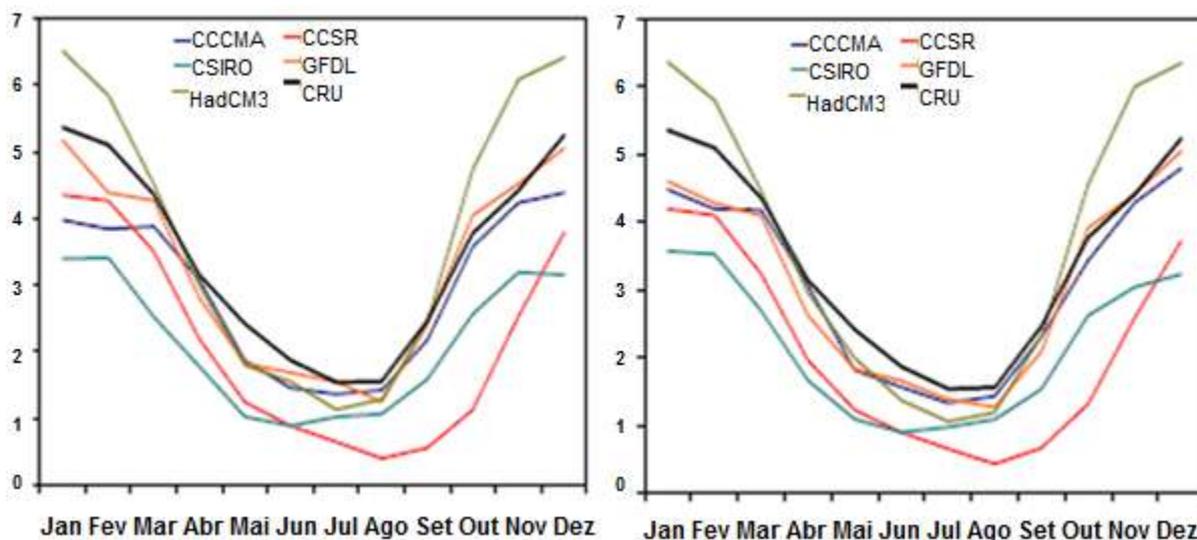
A região centro-oeste abrange a bacia do Prata, uma das regiões economicamente mais importantes do país. A bacia abrange os rios Paraguai, Uruguai e Paraná, e verifica-se um aumento em sua vazão a partir de 1970, o que permitiu o desenvolvimento de atividades agrícolas na região, bem como o melhoramento da produtividade de usinas hidrelétricas, como a de Itaipu (SCHAEFFER et al., 2008).

O Pantanal também faz parte da bacia do Prata e é hoje uma das últimas grandes áreas inundadas de água doce no mundo, com uma fauna e flora extremamente importantes. Durante a estação chuvosa, de novembro a abril, o ecossistema funciona controlando as enchentes do rio Paraguai, resultantes das chuvas torrenciais sobre o Mato Grosso.

A média dos MCGs nos cenários A2 e B2 mostra uma tendência contínua de redução expressiva no excesso de água na região, além de indicarem também um aumento no seu período seco (SALATI et al., 2007). Ainda que a precipitação aumente na região no clima futuro, os modelos preveem um aumento de temperatura que poderia comprometer a disponibilidade de água para

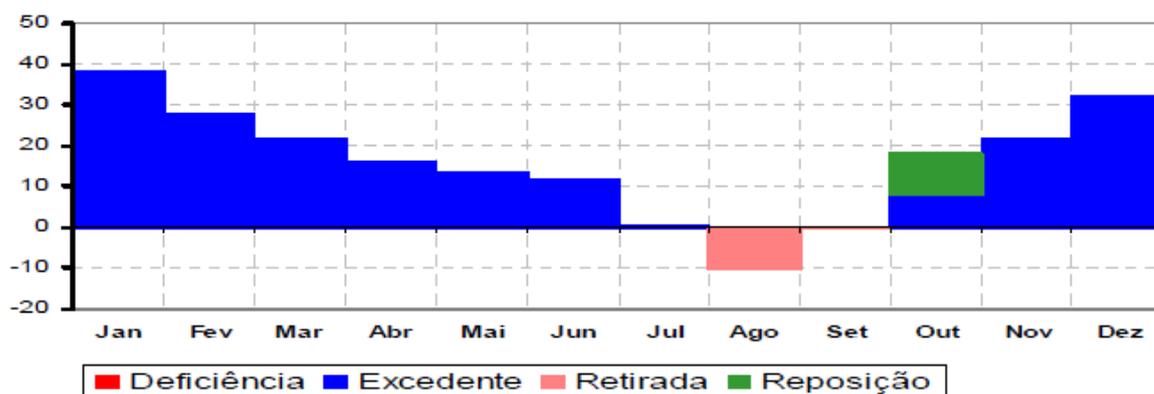
as atividades praticadas na região devido ao acréscimo nas taxas de evaporação, comprometendo o balanço hídrico regional (SALATI et al., 2007; SCHAEFFER et al., 2008).

A Figura 10 mostra a variação sazonal da precipitação na bacia do Prata no clima atual (CRU) e pelos diferentes MCGs nos cenários A2 e B2, enquanto as Figuras 11 e 12 mostram o balanço hídrico da bacia do Prata no presente (1961-90) e o simulado para 2071-2100 pela média dos MCGs.



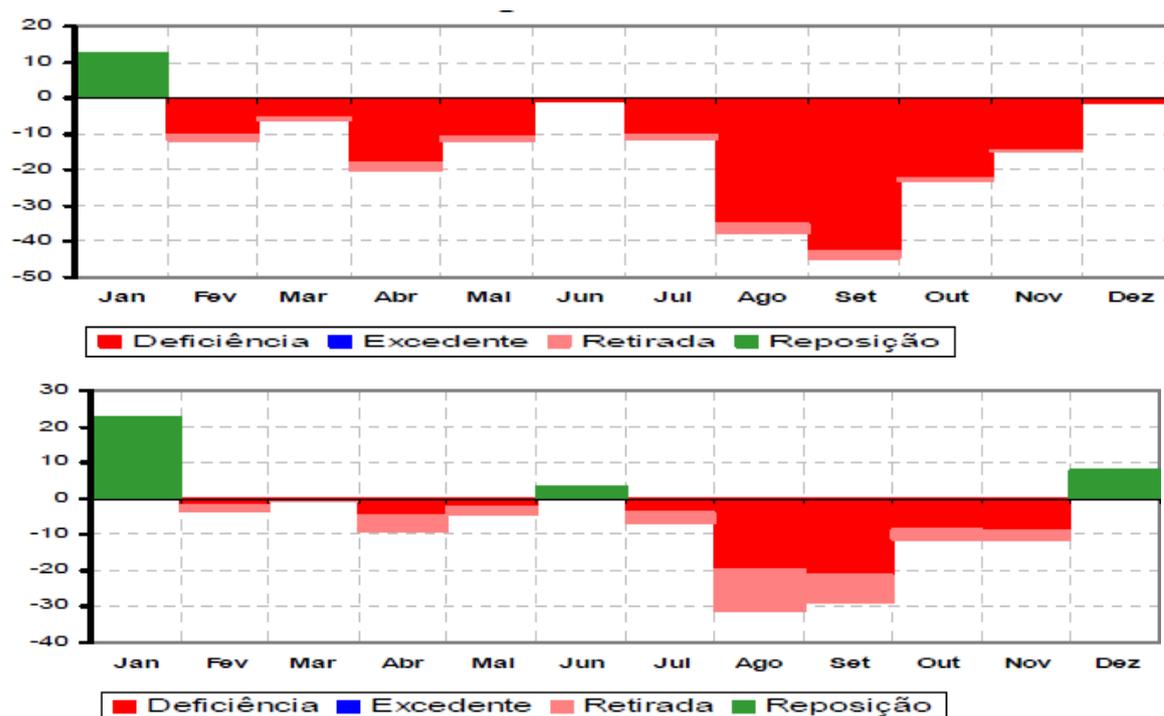
**Figura 10. Variação Sazonal da Precipitação na Bacia do Prata - Cenário A2 (esquerda) e B2 (direita)**

Fonte: SCHAEFFER et al., 2008



**Figura 11. Balanço Hídrico Observado na Bacia do Prata (1961-1990)**

Fonte: SALATI, 2007



**Figura 12. Balanço Hídrico na Bacia do Prata 2071-2100 – Cenário A2 (acima) e B2 (abaixo)**

**Fonte: SALATI, 2007**

Quanto às regiões sul e sudeste, os MCGs preveem um adiantamento no período de chuvas no sudeste e um aumento nos níveis de precipitação anual e sazonal, bem como na vazão dos rios no sul (SCHAEFFER et al., 2008).

#### 2.3.2.4 Fenômenos climáticos

O fenômeno do El Niño consiste no aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico Central, interferindo no regime de ventos da região equatorial do oceano. As nuvens que normalmente produzem chuvas abundantes na parte oeste do oceano, nas vizinhanças da Indonésia, deslocam-se até a costa oeste da América do Sul. A mudança de posição das chuvas no Pacífico provoca alterações nas condições climáticas de várias regiões continentais no mundo, sendo que em determinadas regiões observam-se temperaturas mais elevadas do que o normal, como nas regiões central e sudeste do Brasil durante o inverno, enquanto que em outras ocorrem frio e neve em excesso. Assim, as anomalias climáticas associadas ao El Niño podem

ser desastrosas e provocar sérios prejuízos socioeconômicos e ambientais (DIAS; MARENGO, 2002 apud DIAS; MARENGO, 2006).

No Brasil, o nordeste e a Amazônia apresentam sinais consistentes do El Niño, com uma tendência de períodos mais secos. Já o sul do país apresenta tendências de períodos mais chuvas. As demais regiões não apresentam sinal claro de impactos na chuva, porém durante o El Niño todo o país tende a apresentar temperaturas do ar mais altas, seja no verão ou no inverno (DIAS, MARENGO, 2006).

Já o fenômeno La Niña faz com que os ventos alísios no Pacífico sejam mais intensos do que a média climatológica. Em geral, as anomalias climáticas associadas a este fenômeno são inversas às do El Niño, com um aquecimento anormal do Pacífico oeste e resfriamento das águas centrais, eventualmente atingindo a costa da América do Sul (DIAS, MARENGO, 2006).

Impactos do El Niño e La Niña têm sido observados mais intensamente nas regiões norte, nordeste (secas durante El Niño) e sul do Brasil (secas durante La Niña e excesso de chuva e enchentes durante El Niño). Apesar de os MCGs não mostrarem muitas evidências de mudanças na amplitude do fenômeno no futuro, se estes fenômenos aumentarem em frequência ou intensidade, o país ficaria exposto à secas ou enchentes e ondas de calor mais frequentes e intensas (MARENGO et al., 2007; SCHAEFFER et al., 2008).

### 2.3.3 Vulnerabilidades do SEB

Para Marengo et al. (2007), o conceito de vulnerabilidade corresponde à “(...) função da magnitude, qualidade, e índice da variação climática a qual um sistema está exposto, como também sua sensibilidade e capacidade de adaptação”. Assim, ao analisar as vulnerabilidades do SEB às mudanças do clima, é importante considerar não somente ações de mitigação como tem sido incentivado pelo Governo, mas também ações de adaptação que permitam um aumento na resiliência e segurança do SEB.

A matriz elétrica brasileira é majoritariamente hidroelétrica, sendo que sua disponibilidade e confiabilidade dependem de condições climáticas que, como explicadas no item anterior, muito provavelmente irão se modificar no futuro frente aos efeitos das mudanças do clima.

O aquecimento geral do país aliado à redução de chuvas comprometerá a capacidade hidrelétrica, reduzindo o excesso de água nos rios, bem como suas vazões. Os impactos projetados mostram uma perda na confiabilidade da geração hidrelétrica, com uma redução prevista de 31% e 29% em sua energia firme nos cenários A2 e B2, respectivamente (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009; MARGULIS, DUBEUX, 2010). No entanto, não foi estimado nenhum impacto relevante sobre a média de eletricidade gerada, embora impactos regionais significativos tenham sido projetados, como já discutido nas seções anteriores. Em alguns locais, como nas bacias do Parnaíba e do Atlântico Leste, a perda na média de eletricidade gerada pode ser superior a 80% (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

Os MCGs não preveem impactos significativos na média da eletricidade gerada devido aos reservatórios das usinas, que atuam armazenando e administrando o volume de água disponível para geração hidrelétrica (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009). No entanto, considerando as restrições ambientais para construção de novos reservatórios, Lucena, Schaeffer e Szklo (2009) afirmam que o potencial hidrelétrico explorável restante deverá se basear em usinas a fio d'água, que fazem uso total do fluxo d'água não necessitando de reservatórios ou utilizando-os com áreas pequenas (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

Ainda assim, apesar dos autores promoverem o uso da hidroeletricidade no futuro com usinas a fio d'água, os mesmos admitem que a capacidade de compensar regimes pluviométricos mais secos se reduz à medida que o sistema energético se expande, resultando no fato de que tais usinas só poderão ser aproveitadas nos meses de chuva. Durante os meses mais secos, a geração de eletricidade deverá ser proveniente de fontes complementares (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

Um estudo realizado pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) em 2013 analisou três usinas hidrelétricas localizadas em

“(...) duas bacias que representam mais de 60% da capacidade instalada brasileira e mais de 50% em número de usinas. Tais usinas estão localizadas também na região de maior concentração de consumo elétrico nacional e as características das usinas possuem representatividade em termos de escala de produção e arranjo de instalação” (CEBDS, 2013).

As usinas foram nomeadas como A, B e C, tendo capacidades instaladas de 30 MW, 100 MW e mais de 1.000 MW respectivamente. As usinas B e C possuem reservatórios, enquanto a usina A consiste em uma hidrelétrica a fio d'água. No caso da usina A, o estudo concluiu que usinas a fio d'água têm uma maior correlação de dependência com a variação da vazão do rio do que

com taxas de pluviosidade e de evaporação (CEBDS, 2013). O estudo conclui, ainda, que em termos de segurança energética esta usina necessitaria de uma complementação durante os meses mais secos para suprir déficits de energia (CEBDS, 2013). Deste modo, conclui-se que mesmo as usinas a fio d'água também são tão vulneráveis aos efeitos do clima quanto as usinas de reservatório, tendo baixa capacidade de resiliência e adaptação.

Além do problema da complementariedade que será necessária no SIN, as mudanças climáticas podem impactar o SEB pela ocorrência de eventos extremos, como secas e inundações, prejudicando a operação planejada de hidrelétricas e a administração de seus reservatórios (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009; CEBDS, 2013).

Portanto, a possível perda de confiança na capacidade hidrelétrica e a alta dependência do país desta fonte específica fazem necessária a análise cuidadosa da vulnerabilidade das regiões do país e de seus ecossistemas, tendo de ser consideradas nas políticas energéticas do Governo. A análise das variáveis climáticas que irão impactar a geração hidrelétrica são de extrema importância para a formulação de ações de adaptação do SEB (AMBRIZZI et al., 2007; MARENGO et al., 2007; SALATI et al., 2009 apud LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

Hoje, apenas UTEs – que contribuem às vulnerabilidades deste sistema pela emissão de GEE – são o *backup* utilizado no SIN. Além disso, investimentos bilionários e com altos impactos ambientais negativos têm sido realizados na Amazônia, como construção das UHEs de Belo Monte, Santo Antônio e Jirau, que não só estão distantes dos centros consumidores, como no caso de Belo Monte operará com apenas 40% de sua capacidade na maior parte do ano devido às características hidrológicas atuais da região. Se os MCGs projetam uma redução na vazão de água dos rios da bacia Amazônica, como estas usinas continuarão gerando eletricidade em níveis suficientes para garantir o atendimento das demandas futuras, que por sua vez também aumentarão devido às mudanças climáticas?

O planejamento elétrico do país caiu em um ciclo vicioso que beneficia apenas a hidroeletricidade sob o argumento de serem ambientalmente corretas e fornecerem uma energia limpa e renovável, servindo, portanto, de argumento para o uso ocasional de UTEs para complementar a demanda do país.

Além disso, mesmo que os MCGs mostrem-se equivocados e as mudanças do clima não venham a afetar de modo significativo a geração hidrelétrica no país, as demais fontes renováveis que podem complementar a matriz elétrica ainda assim devem ser exploradas pelo

simples fato de substituírem uma geração complementar baseada em combustíveis fósseis, bem como permitirem uma diversificação do SIN garantindo sua segurança energética. Medidas de gerenciamento da demanda também entram neste sentido, já que cenários futuros sempre considerarão o aumento da demanda por eletricidade. Um planejamento elétrico regional e local, no âmbito das cidades, seria muito eficiente para aumentar esta segurança e aliviar a carga do SIN, diminuindo custos com a transmissão de eletricidade de longas distâncias e suas consequentes perdas pelo caminho.

A diversificação da matriz elétrica, bem como seu planejamento em escalas menores, é importante também, pois permite avaliar a sazonalidade das perdas de geração contribuindo para que determinadas regiões não sofram com a falta de energia. Conceitos como complementariedade, descentralização e capacidade de transmissão são essenciais ao estudar ações de adaptação no SEB (LUCENA, SCHAEFFER, SZKLO, 2009).

## 2.4 Adaptação às Mudanças do Clima

De modo geral, a adaptação às mudanças climáticas é definida como as medidas que atuam em resposta aos impactos atuais e potenciais destas mudanças, com o objetivo de minimizar a exposição aos impactos e aproveitar suas potenciais oportunidades (IPCC, 2007; MARENGO et al., 2007; GVCES, 2011). A capacidade de adaptação de um sistema depende, portanto, de sua vulnerabilidade e de sua resiliência. O conceito de vulnerabilidade pode ser definido como o

“grau de suscetibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive a variabilidade climática e os eventos extremos de tempo e clima. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e ritmo da mudança climática e da variação a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação” (GVCES, 2011).

A resiliência, por sua vez, é caracterizada como a capacidade de um dado sistema responder com sucesso às variabilidades e mudanças climáticas e retornar com sucesso ao seu estado de equilíbrio natural (PIMM, 1984 apud TOMPKINS, ADGER, 2003; ADGER et al., 2007 apud EBINGER, VERGARA, 2011; GVCES, 2011). Portanto, quanto menor a vulnerabilidade de um sistema e maior sua resiliência, maior será o seu potencial de adaptação (WWF, 2011 apud GVCES, 2011).

A identificação das vulnerabilidades climáticas de um determinado sistema é, portanto, o primeiro passo à definição de ações de adaptação. Somente a partir desta análise será possível identificar os riscos climáticos e seus impactos decorrentes, permitindo a elaboração de metodologias de gerenciamento que irão se traduzir em ações de adaptação.

O IPCC define ações de adaptação como o ajuste de práticas, processos e sistemas de modo a melhorar os efeitos negativos e tirar vantagem de oportunidades associadas às mudanças climáticas, tendo como principal objetivo moderar os danos e explorar as oportunidades benéficas, podendo ser divididas nas seguintes linhas de ação (IPCC, 2007; MARENGO et al., 2007; PRASAD et al., 2009; EBINGER, VERGARA, 2011; ERIKSEN et al., 2011; GVCES, 2011; CEBDS, 2013):

- Adaptação antecipatória ou proativa: ocorre antes dos impactos das mudanças climáticas serem observados.
- Adaptação autônoma ou espontânea: não constitui uma resposta consciente aos impactos das mudanças climáticas, mas decorre de mudanças ecológicas em sistemas naturais e de mudanças no mercado e no bem-estar dos sistemas humanos.
- Adaptação planejada – é o resultado de políticas e decisões deliberadas, baseadas na consciência de que as condições climáticas têm mudado ou mudarão e que ações são necessárias para que um estado desejável retorne, seja mantido ou alcançado.
- Adaptação reativa: ocorre após a observação dos impactos das mudanças climáticas.

É importante ressaltar que ações de adaptação não incluem ações de mitigação, mas reconhecem que as mudanças do clima são irreversíveis e de fato ocorrerão impactando a sociedade. Enquanto ações de mitigação fazem uso de intervenções antropogênicas para reduzir os impactos no sistema climático, a adaptação busca o ajustamento dos sistemas naturais e humanos em resposta às mudanças climáticas e seus efeitos, reduzindo a vulnerabilidade de sistemas aos efeitos adversos do clima (IPCC, 2007 apud GVCES, 2011; CEBDS, 2013).

O principal fator para o sucesso de ações de adaptação é determinar a magnitude dos riscos e identificar as ações disponíveis que podem ser colocadas em prática para responder a estes riscos. Conseqüentemente, compreender se a adaptação é de fato necessária requer uma análise detalhada das dimensões dos possíveis riscos e impactos das mudanças do clima em um sistema (SUSSMAN; FREED, 2008).

Assim, o método de gerenciamento de risco climático compreende dois elementos essenciais na formulação de risco: a probabilidade de ocorrência de uma determinada ameaça (perigo) e o grau de suscetibilidade do elemento expostos à referida fonte (vulnerabilidade), sendo que as conseqüências podem variar positiva ou negativamente e o risco pode ser medido qualitativa ou quantitativamente (CEBDS, 2013).

O sucesso da adaptação ao longo prazo, no entanto, requer o reconhecimento e atuação nos riscos desde cedo – de preferência antes de ocorrerem – e identificar as respostas adequadas. A adaptação proativa que conscientemente antecipa as mudanças climáticas futuras e as incorpora à tomada de decisão são menos óbvias e mais difíceis de identificar e avaliar (SUSSMAN; FREED, 2008).

Qualquer que seja a ação de adaptação adotada, antes é necessário que a importância destas ações esteja reforçada na visão de governos, empresas e da sociedade em geral. A conscientização da necessidade de adaptação às mudanças que hoje já se fazem sentir, bem como das que estão por vir, é essencial para o sucesso da adaptação às mudanças climáticas.

No caso do setor elétrico, tradicionalmente os planos de regulação de sistemas hidrelétricos foram baseados inteiramente, ou quase totalmente, no registro hidrológico histórico. Hoje, estudos continuam a contar com a hidrologia de períodos críticos, em que os gestores determinam o rendimento de um sistema com base na confiabilidade de um regime quando confrontado com a pior seca já registrada (BROWN, 2010 apud CEBDS, 2013). No entanto, é necessário compreender como as mudanças do clima afetarão os serviços elétricos unindo uma análise dos impactos já sofridos devido a eventos climáticos, como tempestades, secas e a ocorrência de estações incomuns, verificando quais foram as ações tomadas para remediar estes impactos no passado, com uma análise dos impactos previstos pelos MCGs (NRTEE, 2012b; CEBDS, 2013).

É importante também que as áreas de meio ambiente das concessionárias de geração, transmissão e distribuição sejam integradas às outras áreas chave dentro das empresas, como as

áreas de operação, legal e financeira, já que riscos nestas áreas podem surgir devido à escassez de recursos utilizados como matéria-prima, a danos em comunidades locais como resultado de falhas na infraestrutura e a impactos no desempenho financeiro, respectivamente (NRTEE, 2012b).

A partir desta análise de risco, é possível então partir para uma análise dos benefícios que ações imediatas de adaptação podem trazer à geração, transmissão e distribuição de eletricidade no país. Tais medidas também devem ser avaliadas a fundo, sendo priorizadas de acordo com as necessidades da empresa e, após serem colocadas em prática, devem ser monitoradas junto de suas respostas, a fim de criar e aumentar a resiliência às mudanças climáticas (NRTEE, 2012b).

#### 2.4.1 Experiência Internacional

Hoje, não existe uma compreensão clara dos limites das ações de adaptação, nem de seu custo efetivo já que estas dependem de fatores específicos geográficos, climáticos, institucionais, políticos e financeiros (IPCC, 2007). Além disso, a efetividade destas ações é quase sempre superada pela falta de dados, observações e sistemas de monitoramento, além da falta de políticas adequadas etc. (IPCC, 2007). Ainda assim, alguns países têm realizado esforços para se adaptar às mudanças do clima, principalmente pela conservação de ecossistemas chave, pelo desenvolvimento de sistemas de monitoramento e aviso de eventos climáticos, pela elaboração de estratégias para lidar com os impactos de eventos climáticos, dentre outros.

Alguns países têm adotado ações de adaptação planejadas, como na Austrália em que autoridades de planejamento em alguns Estados têm solicitado como parte de seus licenciamentos ambientais a apresentação de avaliações de risco climático, sendo obrigatória para obtenção de licenças (NRTEE, 2012a). Em Durban, na África do Sul, após a participação em uma campanha internacional pela proteção do clima urbano em 2000, o governo municipal também adotou ações de adaptação planejadas, tendo criado um programa municipal de eficiência energética para determinados edifícios municipais (CARMIN, ROBERTS, ANGUELOVSKI, 2009).

No Canadá, consciente de que a melhor forma de gerenciamento de risco envolve encorajar os clientes e construir uma resiliência climática em seus ativos e decisões, o Banco Real do Canadá (*Royal Bank Canada – RBC*) treinou sua equipe para oferecer conselhos às empresas de pequeno e médio porte por meio de seu centro de aconselhamento “*Greening your business*”. O banco faz uso de instrumentos como publicações, seminários via Internet e eventos para educar seus clientes quanto aos impactos das mudanças climáticas (NRTEE, 2012a).

No Reino Unido, em 2008 foi lançada a legislação pelo Parlamento do Ato de Mudanças Climáticas, que forneceu um quadro regulatório para garantir que o Governo atenda diversos compromentimentos referentes às mudanças do clima. Além de introduzir ações mitigatórias, como metas obrigatórias de redução da emissão de GEE, foi criado o Sub-Comitê de Adaptação. No setor elétrico, o Ato estabeleceu novas responsabilidades às empresas, tornando obrigatória a apresentação de relatórios sobre como as empresas do setor têm avaliado seus riscos climáticos e as ações de mitigação e adaptação adotadas para minimizá-los. As empresas de geração elétrica Scottish Southern Energy (SSE) e Intergen são dois exemplos de empresas que apresentaram seus respectivos Relatórios de Adaptação em 2011.

O Relatório de Adaptação da SSE avaliou seus riscos ambientais, identificando os principais impactos das mudanças do clima em suas atividades, verificando suas probabilidades e magnitudes e então listando-as em ordem de prioridade para só então partir para a definição de medidas de adaptação. Os planos de adaptação da empresa, no entanto, ainda são incipientes, apesar de já fazerem parte de sua visão de negócios futura. O Relatório faz menção aos seguintes princípios de “boa” adaptação que serão centrais no desenvolvimento de suas ações futuras, dentre outras (SSE, 2011):

- Sem arrependimentos: medidas que são benéficas independentemente de incertezas, pois atender a outras necessidades organizacionais da empresa;
- Precaução: consideração dos cenários pessimistas de modo conservador;
- Flexibilidade: a política de adaptação deverá ser flexível, considerando incertezas e rápidas mudanças nos estudos científicos, condições locais e soluções disponíveis, de modo que escolhas e ações futuras não sejam limitadas;
- Integração: as mudanças climáticas devem ser parte integral dos planos de emergência e a resiliência deve ser considerada em todas as tomadas de decisão financeiras;
- Base no conhecimento: a política de adaptação deverá ser baseada nas melhores evidências científicas disponíveis;

- Rentabilidade: quando os benefícios de adotar ações de adaptação não justificarem seus custos, aceitar os riscos e quaisquer consequências e custos decorrentes dos impactos de eventos climáticos pode ser considerado adequado;
- Risco compartilhado: as estruturas de incentivo, seguro e contratos têm de refletir precisamente os riscos. Nas áreas em que há efeitos transversais e interdependentes, ações coordenadas devem ser implantadas para auxiliar na redução de custos e riscos;
- Resiliência: medidas devem prevenir perdas inaceitáveis, reduzir consequências e reduzir o tempo de recuperação. A resiliência também pode ser adquirida evitando-se impactos, como pela mudança de localizações ou do tempo de certas atividades.

Em outros países da Europa, verifica-se também a adoção de práticas de adaptação autônomas, como na Finlândia em que a empresa de geração, distribuição e comercialização de eletricidade Fortum lançou um programa em 2005 para aumentar a confiabilidade de sua rede de distribuição com o objetivo de reduzir em 50% o número médio anual de ocorrências de interrupção no fornecimento até 2011 (SUSSMAN, FREED, 2008). Na Espanha e na Alemanha, as empresas Iberdrola e E.On AG, ambas de geração e distribuição de eletricidade, se comprometeram a melhorar o gerenciamento de suas redes e o uso de subestações de energia (SUSSMAN, FREED, 2008).

Ao contrário dos exemplos citados acima, no entanto, a maioria das empresas têm adotado medidas de adaptação reativas. Nos Estados Unidos (EUA), a empresa Entergy Corporation que atua principalmente na geração de eletricidade por fontes fósseis, distribuição e comercialização, sofreu perdas de cerca de 2 bilhões de dólares devido aos furacões Katrina e Rita em 2005 (NRTEE, 2012b; CQNUMC, 2014a).

A maior parte dos ativos da empresa localiza-se na costa do Golfo do México, próxima a áreas diretamente expostas a furacões e tempestades, de modo que diversos centros de operação e escritórios foram imediatamente realocados com base em informações sobre os riscos climáticos de diferentes regiões dentro de sua área de serviço e de modo a realoca-los em diferentes partes de sua área de serviço, iniciando assim o plano de adaptação da empresa (SUSSMAN, FREED, 2008; NRTEE, 2012b; CQNUMC, 2014a). Além disso, a Entergy desenvolveu um estudo avaliando os riscos econômicos potenciais das mudanças do clima no Golfo do México e, dentre seus achados, revelou-se que nos próximos 20 anos a região poderia enfrentar perdas cumulativas de até 350 bilhões de dólares, o que impulsionou a necessidade de adoção de práticas de adaptação (CQNUMC, 2014a).

Foi criado também um grupo empresarial responsável especificamente por monitorar implicações mais amplas do clima nas atividades da empresa, sendo desenvolvido um estudo sobre os fatores de riscos climáticos, identificando as mudanças climáticas mais prováveis no curto prazo (20 anos), médio prazo (20 a 50 anos) e longo prazo (no fim do século XXI). A análise de tendência e distribuições de probabilidade históricas observadas foi utilizada para desenvolver cenários com determinadas variáveis-chave, como dias de aquecimento e resfriamento na temperatura, secas, terremotos, inundações periódicas, furacões, nevascas, redução nos níveis de rios e aumento no nível dos oceanos, mudanças bruscas de temperatura, tornados, deslocamentos da flora e fauna, perda de zonas úmidas (pântanos), e incêndios florestais. Em seguida, foram então mapeadas as mudanças potenciais destes climas e efeitos físicos na área dos serviços da Entergy e demais áreas em que a empresa tem ativos importantes (SUSSMAN, FREED, 2008; NRTEE, 2012b; CQNUMC, 2014a).

Em seguida, a empresa analisou a correlação de cada risco identificado com seus ativos e operações, a fim de identificar as ameaças candidatas para resposta e adaptação e, por fim, foram avaliados os planos existentes de mitigação de riscos buscando-se alternativas para reduzir impactos (SUSSMAN, FREED, 2008; CQNUMC, 2014a).

Ainda nos EUA, a Comissão de Serviços Públicos da Flórida determinou que todas as utilitárias elétricas do Estado devem apresentar anualmente um relatório de instruções na estação pré furacões, dando a oportunidade à Comissão de garantir que cada utilitária está de fato adequadamente preparada para tais eventos climáticos (EDGAR, 2008 apud NEUMANN, PRICE, 2009). A Comissão também incentivou a construção de linhas de transmissão subterrâneas reduzindo os custos para tanto (EDGAR, 2008 apud NEUMANN, PRICE, 2009).

Na Califórnia, a Agência de Recursos Naturais lançou em 2009 o relatório de Estratégias de Adaptação ao Clima da Califórnia contendo quatro estratégias específicas de adaptação ao setor elétrico (CNRA, 2009):

- Aumento nos esforços para a eficiência energética, inclusive pelo incentivo à fontes renováveis descentralizadas de energia;
- Avaliação dos impactos ambientais das mudanças climáticas para construção de novas usinas e para a renovação do licenciamento de usinas já existentes, recomendando ações razoáveis de adaptação e incentivando a expansão de usinas de energia renovável, além

de avaliar os impactos na infraestrutura de geração, transmissão e distribuição e identificar comunidades mais vulneráveis;

- Desenvolvimento de ferramentas de auxílio na tomada de decisão para a construção de hidrelétricas a fim de avaliar e gerenciar melhor as variabilidades climáticas, pela expansão de pesquisas científicas e desenvolvendo parcerias; e
- Identificando como os objetivos estaduais de incentivo às fontes renováveis de energia podem ser impactados pelas mudanças climáticas, de modo a adequar o planejamento elétrico estadual.

No Canadá, a empresa Hydro-Québec, uma das maiores utilitárias elétricas da América do Norte com uma capacidade instalada de 36.671 MW, reconheceu que o gerenciamento de riscos climáticos é a chave para o sucesso da empresa, já que 97% da sua geração provem da hidroeletricidade (NRTEE, 2009). Na década de 1980, uma série de eventos de baixa vazão levou à identificação de um perfil de gerenciamento de riscos climáticos dentro da empresa, a qual realizou estudos para determinar se tais eventos eram decorrentes de ciclos climáticos naturais ou de outras causas. Na época, a empresa considerou medidas de gerenciamento especiais em complemento à melhoria do gerenciamento dos reservatórios, incluindo a criação de um fundo de garantia compartilhado por diferentes empresas utilitárias e a criação de uma cobertura especial de seguro (NRTEE, 2009).

Após uma série de desastres relacionados ao clima gerarem prejuízos de mais de um bilhão de dólares à empresa nos últimos anos, o risco das mudanças climáticas à sistemas de geração, transmissão e distribuição de eletricidade ficou ainda mais evidente na visão da empresa. Em resposta a estes impactos, foi desenvolvida uma série de ações de adaptação. A empresa se juntou ao Governo do Québec e criou o Consórcio de Climatologia Regional e Adaptação às Mudanças do Clima (*Consortium on Regional Climatology and Adaptation to Climate Change – Ouranos*), com o objetivo de estudar o clima regional, os impactos das mudanças climáticas e soluções de adaptação, sendo financiada pela própria Hydro-Québec e pelo Governo do Québec, e na qual participam outras empresas de geração de eletricidade do Canadá (NRTEE, 2009).

Em 2002, o instituto de pesquisa da empresa desenvolveu um programa de pesquisa para avaliar com mais profundidade as mudanças do clima, os impactos aos negócios da empresa e opções tecnológicas de adaptação de médio e longo prazo, de modo que os riscos fossem melhor gerenciados e oportunidades fossem exploradas (NRTEE, 2009).

Além disso, a empresa também criou um programa de trabalho para enfrentar as mudanças do clima, incluindo a identificação das atividades que são mais vulneráveis e priorizando suas ações de adaptação conforme suas necessidades, a colaboração com demais empresas para desenvolvimento de cenários climáticos futuros a serem utilizados para modelar impactos às suas atividades comerciais, a análise das implicações das mudanças climáticas para os seus setores chave, e o desenvolvimento de estratégias de adaptação para as atividades mais vulneráveis às mudanças do clima (NRTEE, 2009).

Como resultado das ações da Hydro-Québec, a empresa produziu uma série de projeções de escoamentos futuros com base em diferentes cenários climáticos para cada uma de suas operações hidrelétricas. Estas projeções foram utilizadas inclusive para avaliar os impactos ambientais da construção de uma nova usina hidrelétrica, levando à adoção de medidas de adaptação que são flexíveis o suficiente para lidarem com diferentes possíveis cenários futuros, tendo sido aprovado pela agência ambiental canadense (NRTEE, 2009).

Como principal resultado de suas ações, a Hydro-Québec analisou os benefícios de adaptar suas regras de operação dos reservatórios de suas hidrelétricas de acordo com os regimes hidrológicos futuros e, a partir de um estudo de caso, verificaram que até 2050, sem as medidas de adaptação tomadas, a geração hidrelétrica seria reduzida em 14% (NRTEE, 2009).

Além disso, o consórcio Ouranos criado pela empresa permite a participação de outras utilitárias de geração, transmissão e distribuição de eletricidade no Canadá, no qual experiências impactos das mudanças climáticas são compartilhadas. Graças a este consórcio, a empresa BC Hydro, por exemplo, iniciou o monitoramento de dados referentes às mudanças do clima e a elaborar uma estratégia de adaptação a estas mudanças e, em 2009 desenvolveu o estudo Estratégias para Mudanças Climáticas contemplando ações de mitigação e adaptação. A empresa já investiu cerca de 2,5 milhões de dólares na pesquisa de dados históricos e projeções sobre o escoamento de suas bacias hidrográficas a fim de compreender as modificações nos regimes hidrológicos em que suas usinas estão localizadas e onde poderão construir novas usinas no futuro (NRTEE, 2009).

A BC Hydro também conduziu avaliações de risco climático para identificar impactos em seus ativos e infraestruturas, durante as quais foram identificados os impactos prováveis de danificar sua rede de transmissão e distribuição, bem como o aumento potencial nas interrupções de seu serviço e consequências financeiras caso nenhuma ação fosse tomada. Com base nos dados dos

MCGs do IPCC, a empresa desenvolveu cenários climáticos regionais para lhe auxiliar na escolha de alocação de seus ativos existentes e novos (NRTEE, 2009).

A empresa também utilizou dados de pesquisas realizadas pelas Universidades de Alberta e *British Columbia* para estimar potenciais mudanças na direção e velocidade de ventos, precipitação dentre outros fatores climáticos que podem interferir em suas linhas de transmissão. A partir destes dados, a empresa modificou seus regimes de manutenção e padrões de qualidade para aumentar sua resiliência (NRTEE, 2009).

No Canadá, um estudo realizado com 13 empresas conduzido pela Rodada Nacional sobre Meio Ambiente e Economia (*National Round Table on the Environment and the Economy* – NRTEE), mostrou que estas compreenderam a importância da adaptação às mudanças do clima a partir do alinhamento de um ou mais fatores, como a conexão entre os impactos do clima e o sucesso de seus negócios, o tratamento da sustentabilidade como imperativa em seus negócios, o bom gerenciamento de riscos em suas operações e/ou passar por uma experiência inédita derivada de eventos ou impactos decorrentes das mudanças climáticas (NRTEE, 2012a).

#### 2.4.2 Experiência Brasileira

No Brasil, ao contrário do verificado pela experiência internacional, na qual o setor privado exerce grande papel no desenvolvimento e apoio a ações de adaptação às mudanças climáticas, tais ações ainda ficam a cargo do Governo.

No âmbito nacional, o Governo Federal tornou obrigatória a adoção de ações de mitigação e adaptação por meio da PNMC. No setor elétrico, tais ações foram definidas no PDE 2020, o qual estabelece o aumento da eficiência energética e da geração de eletricidade por fontes hídricas e alternativas renováveis, como eólica e biomassa.

Em parceria com o INPE, a EDP Energias do Brasil está desenvolvendo o programa Climagrid, uma plataforma de automação capaz de antecipar variações climáticas que podem vir a afetar redes elétricas, incentivando ações antecipatórias e evitando e minimizando interrupções na transmissão e distribuição da eletricidade (CQNUMC, 2014b).

Dentre os diversos benefícios do ClimaGrid, o mais importante é o mapeamento de riscos e oportunidades por meio de dados históricos que permitem o planejamento a curto, médio e longo prazo dos ativos da empresa. A previsão de dados ajudou a melhorar as ações de emergência da empresa durante eventos extremos e, além disso, foram identificadas oportunidades no fornecimento de energia e em seu consumo, devido à identificação de oportunidades de micro geração e de variáveis que influenciam o consumo industrial e residencial dos clientes da empresa (CQNUMC, 2014b).

Desde 2006, a Universidade de Campinas (UNICAMP) em parceria com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) está desenvolvendo um sistema de geração de eletricidade distribuída residencial para conexão ao SIN. O sistema irá gerar e entregar a eletricidade em uma tensão e frequência compatíveis com a rede da CPFL, além de fornecer eletricidade também para até cinco residências para que a concessionária possa avaliar a operação em condições reais de uso (RIBEIRO, SANTOS, PRAXEDES, 2009; NIPE, 2014).

O objetivo deste projeto é reduzir as perdas de energia durante sua transmissão e distribuição, aumentar a confiabilidade do sistema e explorar as fontes de energia disponíveis em nível local, postergando, portanto, a necessidade de construção de grandes empreendimentos de geração (RIBEIRO, SANTOS, PRAXEDES, 2009).

Em 2011, por ocasião do evento “C-40 São Paulo Summit” – um encontro do Grupo C40 de Grandes Cidades para a Liderança Climática -, foi publicado o relatório de “Diretrizes para o Plano de Ação da Cidade de São Paulo para Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas” (CIDADE DE SÃO PAULO, 2011 apud SEPE, COSTA, RABETHGE, 2012), desenvolvida pelo Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia.

O relatório aborda diversas ações de adaptação a serem adotadas na cidade de São Paulo, desde o desenvolvimento de soluções técnicas como a promoção de campanhas de conscientização da população. As seguintes ações são sugeridas pelo relatório (CMMCE, 2011):

- Implantar um sistema de gestão da demanda de energia, monitoramento e verificação em tempo real do consumo de energia nos prédios públicos, visando à eficiência energética nos edifícios;
- Promover a adoção de fontes renováveis de energia e a instalação de unidades de geração distribuída;

- Promover a avaliação de novas tecnologias de cogeração e trigeração que produzem eletricidade, calor e frio a fim de serem aplicadas em hotéis, hospitais, indústrias, etc., bem como promover o uso destas tecnologias para sistemas descentralizados de geração;
- Promover a difusão dos benefícios e vantagens de equipamentos com selo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e promover ações educativas em escolas públicas e em conjunto com as lojas que comercializam estes equipamentos para conscientização da população à eficiência energética;
- Consolidar dados e resultados de projetos de eficiência energética desenvolvidos em prédios públicos municipais a fim de se elaborar um manual de eficiência energética;
- Implantar um programa voluntário de eficiência energética para grandes consumidores, fornecendo selos e certificados de reconhecimento de boas práticas;
- Promover o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos (RSU).

O Governo Federal também fornece diversas linhas de financiamento a projetos que podem contribuir à adaptação às mudanças do clima por meio do BNDES que fornece linhas e fundos de financiamento. A linha de financiamento Finem, por exemplo, apoia projetos de eficiência energética e de fontes de energia alternativas, podendo ser concedido a empresas de serviços de conservação de energia (ESCOs), usuários finais de energia e empresas de geração, transmissão e distribuição (CEBDS, 2013; BNDES, 2014).

### **3. DISCUSSÃO E PROPOSTAS**

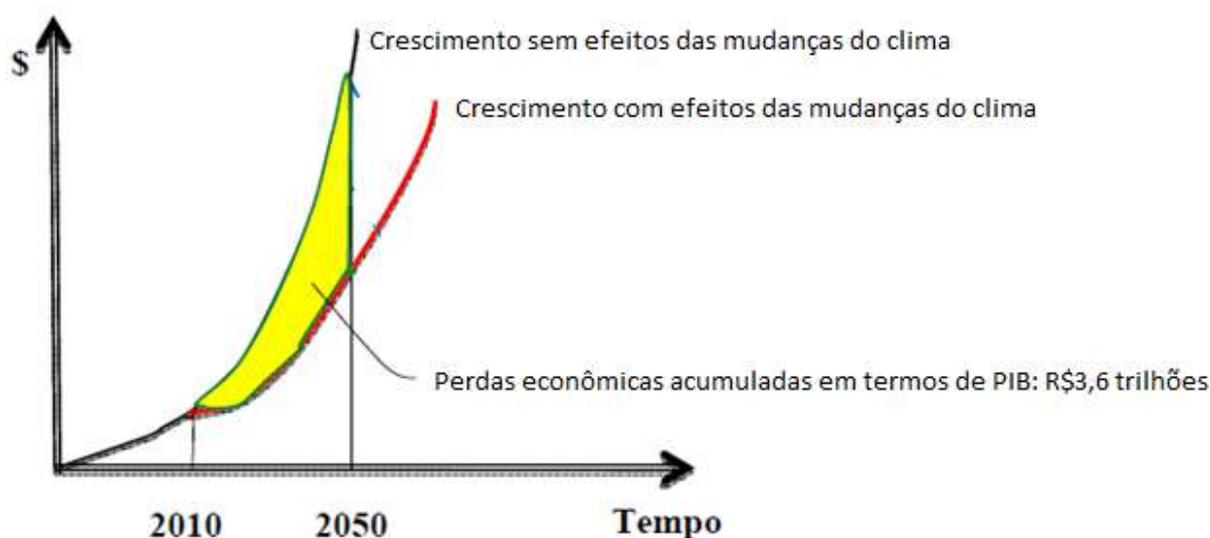
Considerando o planejamento do SEB e suas vulnerabilidades às mudanças do clima, o planejamento elétrico urbano consiste em uma ação de adaptação antecipatória e planejada que visa garantir a qualidade futura do meio ambiente e o bem estar social e econômico da população.

O custo para os países em desenvolvimento se adaptarem às mudanças do clima até 2050 é estimado entre 70 e 100 bilhões de dólares por ano, com referência em 2005, o que representa 0,2% do PIB destes países nesta década (MARGULIS, 2013). Além disso, a longo prazo este

investimento evitará gastos com impactos negativos que podem excedê-lo em prejuízos, como verificado pela empresa americana Entergy, que estimou em mais de 350 bilhões de dólares os prejuízos que poderiam sofrer caso ações de adaptação não fossem incorporadas ao seus negócios (CQNUMC, 2014a).

No Brasil, considerando que as mudanças climáticas comprometerão a capacidade de geração hidrelétrica, estima-se que seria necessária uma geração adicional entre 162 TWh e 153 TWh, conforme modelagem dos MCGs nos cenários A2 e B2, respectivamente. Para a geração desta capacidade adicional, estima-se um investimento necessário entre 48 e 51 bilhões de dólares para construção de usinas a gás natural, de tecnologias avançadas de queima de bagaço de cana e eólicas, além de um custo operacional e de combustível entre 6,9 e 7,2 bilhões de dólares (MARGULIS, DUBEUX, 2010).

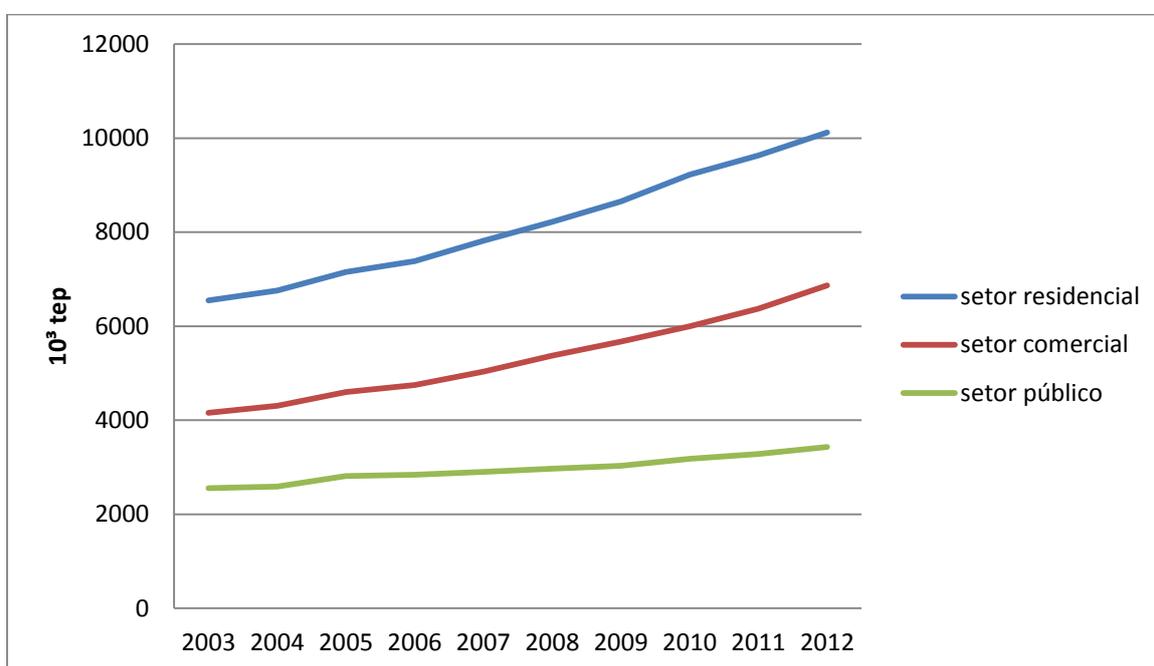
Além do investimento necessário para suprir o déficit de energia hidrelétrica que será ocasionado pelas mudanças do clima, estima-se também que o PIB brasileiro sem mudanças climáticas seria de R\$15,3 trilhões e R\$16 trilhões nos cenários A2 e B2 em 2050, enquanto seu valor incorporando os efeitos do clima é reduzido em 0,5% e 2,3% respectivamente (com referência em 2008), conforme ilustrado na Figura 13 (MARGULIS, DUBEUX, 2010).



**Figura 13 – Crescimento brasileiro estimado para 2050 com e sem os efeitos das mudanças climáticas**

**Fonte: Adaptado de MARCOVITCH, 2010**

A adaptação elétrica no âmbito urbano é especialmente importante, pois as cidades hoje respondem por grande parte do consumo de eletricidade. A população urbana brasileira hoje já responde por 84,35% da população total do país, sendo que em 2012 foram consumidos 20,4 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) nos setores residencial, comercial e público sob a forma de eletricidade, ou 47,6% de todo o consumo elétrico no país (MME, 2013). Entre 2003 e 2012, o consumo destes setores aumentou 55%, 65% e 34%, respectivamente. A Figura 14 mostra a evolução do consumo destes setores no período referido. O PDE 2022 estima que a demanda dos setores residencial e comercial aumentará em 47% e 67% até 2022, respectivamente.



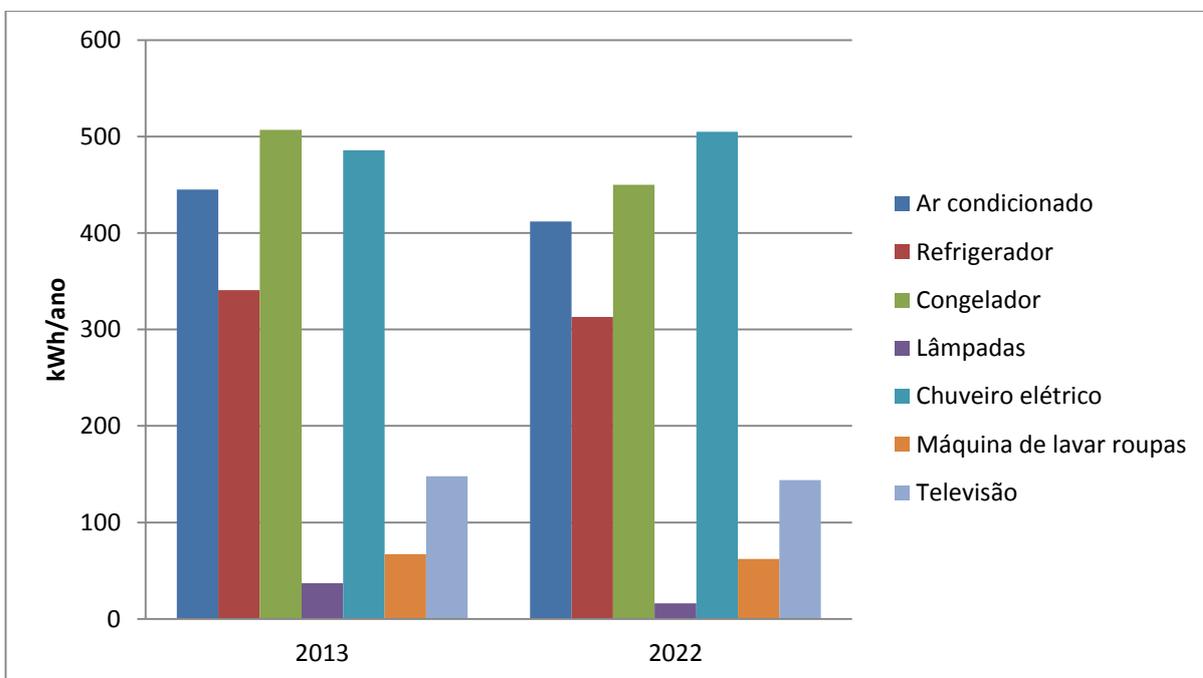
**Figura 14 – Evolução do consumo elétrico dos setores residencial, comercial e público no Brasil (10<sup>3</sup> tep)**

**Fonte: Adaptado de MME, 2013**

Com relação ao consumo desagregado por usos finais, as geladeiras e congeladores, chuveiros elétricos e sistemas de ar condicionado são responsáveis pela maior parte do consumo total de eletricidade das residências brasileiras (GOLDENBERG, 2003 apud LIMA, 2005 apud MARINS, 2010), sendo que em 2010 este montante chegou a 88% (EPE, 2011). Nos edifícios comerciais, por sua vez, os sistemas de iluminação e refrigeração são responsáveis por cerca de 50% do consumo elétrico total (MARINS, 2010).

Os efeitos climáticos irão afetar a demanda por eletricidade nas cidades devido principalmente à mudanças no uso de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (*Heat, Ventilation, Ar Conditioning* - HVAC). Temperaturas mais altas podem requerer o aumento no uso de sistemas de ar condicionado em edifícios ou sua introdução, aumentando custos de construção, manutenção e operação bem como os custos de energia devido ao aumento da demanda nas estações mais quentes. Precipitações mais intensas e frequentes e ventos mais intensos também podem impactar a segurança e durabilidade da fachada de edifícios, causando prejuízos àqueles existentes e interferindo em decisões sobre o projeto estrutural e de materiais de construção de edifícios novos (NRTEE, 2009).

O PDE 2022 prevê uma redução geral de 53% na demanda de eletricidade pelos equipamentos eletrodomésticos até 2022, com aumento apenas na demanda de chuveiros elétricos devido à aquisição e uso de equipamentos mais potentes pelas famílias, decorrente de um aumento de renda. As demais estimativas consideram a combinação do crescimento do número de domicílios, a evolução da posse e uso dos equipamentos eletrodomésticos, a potência de consumo de cada equipamento e a evolução dos índices de eficiência energética dos mesmos (EPE, 2013b). A Figura 15 mostra o consumo desagregado dos principais equipamentos eletrodomésticos hoje e sua previsão para 2022 de acordo com a EPE:

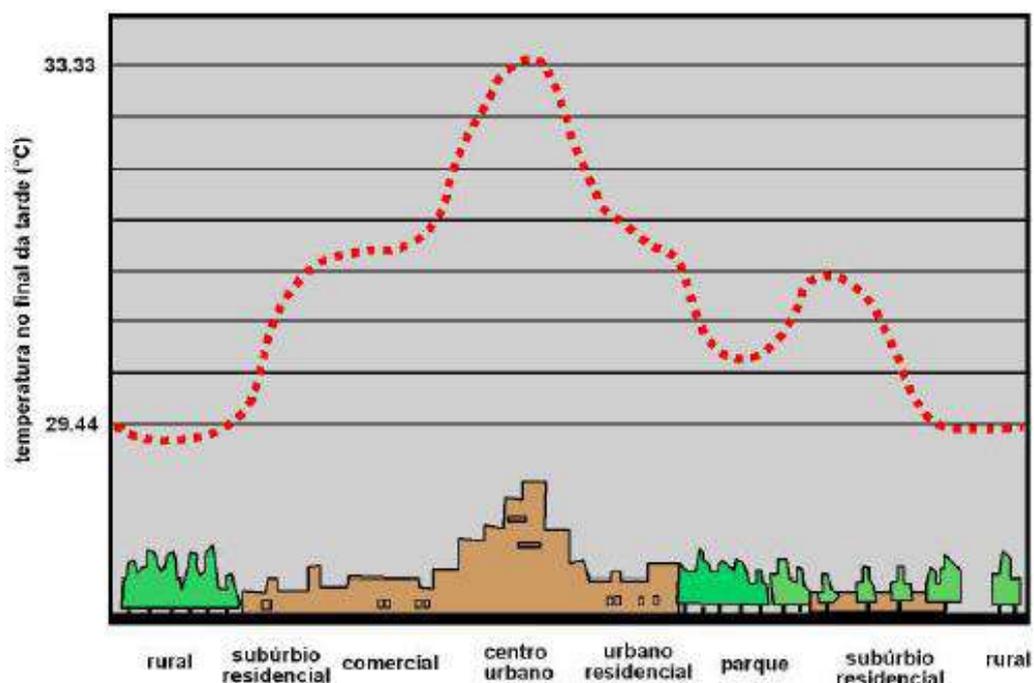


**Figura 15 – Consumo de eletricidade dos equipamentos domésticos e previsão de consumo para 2022**

**Fonte: Adaptado de EPE, 2013b**

Além disso, os efeitos climáticos podem ser agravados pelas próprias características das cidades, como a morfologia urbana e os materiais empregados nas edificações já existentes e no revestimento de suas superfícies (ALCOFORADO, 2009 apud SIEBERT, s.d.). O processo de urbanização promove mudanças nas superfícies de absorção térmica e na impermeabilização e uso e ocupação do solo que levam à interferência nos fluxos de calor e ventos nas cidades. Além disso, a emissão de gases poluentes decorrente principalmente do sistema de transportes urbanos também interfere no fluxo de calor, dificultando a dispersão do calor e aquecendo as camadas inferiores da atmosfera (LOMBARDO, 1985 apud LIMA, 2005 apud MARINS, 2010).

A combinação destas interferências resulta no efeito de ilha de calor, responsável por elevar a temperatura das regiões centrais das cidades em comparação às áreas em seu entorno, sendo que a diferença observada pode variar de cinco (SIEBERT, s.d.; SCHAEFFER et al., 2008; MARIN, 2011) até 15°C (DUARTE, 2000 apud MARINS, 2011). A Figura 16 mostra o perfil esquemático do efeito de ilha de calor:



**Figura 16 – Perfil esquemático do efeito ilha de calor**

**Fonte: SANTAMOURIS et al., 2001 apud MARINS, 2011**

Os principais aspectos que influenciam a ocorrência de ilhas de calor são a

“(...) geometria do cânion urbano, as propriedades térmicas dos materiais, a redução de superfícies para evaporação, o calor antropogênico dos sistemas de transporte, geração de energia e demais fontes de calor, o efeito estufa urbano (...)” (OKE et al., 1991 apud SANTAMOURIS et al., 2001 apud MARINS, 2011; LOMBARDO, 1985 apud LIMA, 2005 apud MARINS, 2011; ASSIS, 2000 apud BARBUGLI, 2004 apud MARINS, 2011).

O cânion urbano corresponde à porção do céu visível, ou a seção existente e limitada por edificações. Sua configuração, no que tange à relação entre a altura das edificações e a largura da seção geralmente viária afeta o fluxo de circulação do ar e a temperatura superficial e, em conjunto com o tipo de material utilizado nas edificações, interfere no consumo energético destes (MARINS, 2011).

O uso de determinados materiais na superfície dos edifícios além de contribuir ao efeito de ilha de calor interfere também no desempenho energético destes edifícios, já que o uso de materiais mais absorventes – ou com albedo<sup>2</sup> reduzido – aumentam a quantidade de radiação absorvida pela superfície dos prédios e pela área urbana, elevando a temperatura e fazendo necessário o uso de sistemas de resfriamento internos.

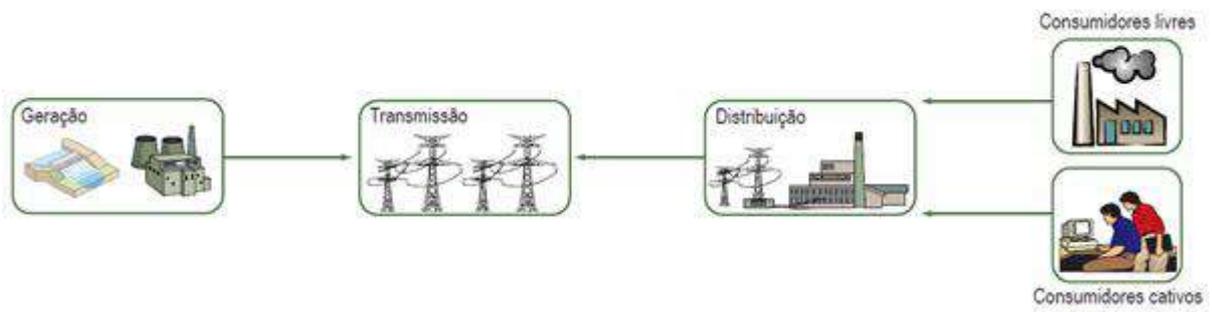
Assim, o planejamento elétrico urbano permite tanto a adaptação como o aumento da resiliência às mudanças climáticas. Soluções como o incentivo à geração descentralizada, redes inteligentes e micro geração, gerenciamento do lado da demanda e eficiência energética, construções verdes, dentre outros, podem reduzir a pressão sobre o SIN, reduzir as perdas e aumentar a confiabilidade dos sistemas de transmissão e distribuição de eletricidade e aumentar, conseqüentemente, a segurança energética do país.

### 3.1 Geração descentralizada, mini e micro geração

Hoje, o fornecimento de eletricidade aos centros consumidores se dá a partir da geração em usinas normalmente localizadas longe dos centros consumidores, fazendo necessária sua transmissão e distribuição em redes de longa extensão, conforme exemplificado na Figura 17.

---

<sup>2</sup> Albedo é a razão entre a radiação solar refletida e a incidente sobre determinada superfície.



**Figura 17 – Fluxo de fornecimento da eletricidade aos centros consumidores**

**Fonte: Adaptado de ANEEL, 2008**

A rede de transmissão do Brasil é configurada em dois segmentos: o SIN e os sistemas isolados, localizados principalmente na região norte, conforme ilustrado na Figura 18 abaixo:



**Figura 18 – Configuração do SIN**

**Fonte: Adaptado de ANEEL, 2008**

Considerando a extensão do SIN e a distância entre as usinas hidrelétricas e os centros consumidores, há perdas consideráveis de energia durante sua transmissão e distribuição que podem chegar a 17% no Brasil, contra 8% nos EUA e 6,5% na União Europeia (CIPOLLI, 2005 apud WWF, 2006; RIBEIRO, SANTOS, PRAXEDES, 2009). Além disso, entre 50% e 70% das falhas ocorridas nestes sistemas decorrem de eventos climáticos como tempestades e vendavais (CEBDS, 2013). Considerando que as mudanças climáticas provavelmente

aumentarão a ocorrência e a intensidade destes eventos, a geração descentralizada representa uma ação de adaptação que permite não só a redução das perdas no transporte da energia, como o aumento da confiabilidade da rede frente à redução de sua vulnerabilidade.

A geração descentralizada, ou distribuída, consiste na geração de eletricidade conectada diretamente à rede de distribuição ou aos consumidores e localizada próxima aos centros consumidores. De acordo com a legislação brasileira, a geração distribuída consiste na:

“(…) produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados (...) conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador (...)” (BRASIL, 2004b).

Esta definição não é aplicável, no entanto, a empreendimentos hidrelétricos com capacidade instalada superior a 30 MW e termelétricos, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75% (BRASIL, 2004b). Além disso, a geração descentralizada pode ser constituída por mini e micro redes, definidas como:

“microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras”; e

“minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras” (ANEEL, 2012).

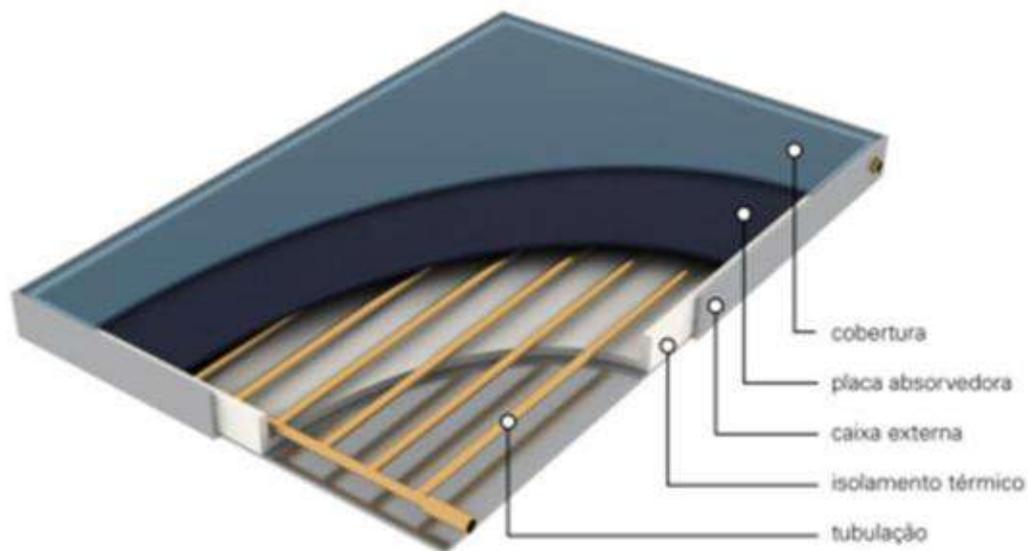
Em 2012, um importante incentivo à micro e à mini geração foi cedido pela ANEEL por meio da Resolução Normativa nº 484, a qual criou um sistema de compensação de energia que permite ao consumidor trocar energia com a distribuidora local. Ao instalar unidades de mini e micro geração em sua residência, o consumidor poderá ser beneficiado reduzindo seus custos com eletricidade ao usar a energia gerada e obtendo créditos quando injetar a eletricidade não utilizada na rede (ANEEL, 2012).

A geração distribuída permite, portanto, a expansão da oferta de eletricidade sem a necessidade de construção de usinas convencionais e sem a necessidade de construção de linhas de transmissão e distribuição, além de ter o benefício de poder ser utilizada nos momentos de pico da demanda, reduzindo os custos do consumidor.

### 3.1.1 Energia Solar Térmica

O uso da energia solar térmica consiste na conversão da radiação solar em calor visando o aquecimento de água. Os sistemas solares térmicos consistem em coletores solares que podem apresentar cobertura ou não dependendo da temperatura de aquecimento desejada, e são compostos, em geral, por uma placa absorvedora, uma caixa externa, isolamento térmico e tubulações (MARINS, 2010; FAGÁ, 2013). No caso de sistemas com cobertura, esta deve ser transparente de modo a permitir a passagem da radiação solar à placa absorvedora e retendo-a. A placa absorvedora, por sua vez, absorve parte da energia incidente transferindo-a a um fluido normalmente constituído de água. Este fluido é retido em uma tubulação geralmente metálica e transfere o calor recebido à água de um reservatório que enfim será utilizada em diversas atividades em residências e edificações (MARINS, 2010; FAGÁ, 2013).

Os coletores apresentam também um isolamento térmico composto por materiais de baixa condutividade térmica, visando reduzir as perdas de calor entre a placa absorvedora e a caixa externa, que protege todos os componentes da ação do meio ambiente (FAGÁ, 2013). A Figura 19 mostra o perfil esquemático de um coletor solar com cobertura.



**Figura 19 – Perfil Esquemático de um Coletor Solar**

**Fonte: FAGÁ, 2013**

Este sistema apresenta diversas vantagens de utilização, pois sua instalação e operação são relativamente simples, sua manutenção tem um baixo custo associado e o sistema permite a redução de custos com o consumo de eletricidade principalmente de chuveiros elétricos, normalmente utilizados nas residências brasileiras. (IBAM, 2004).

### 3.1.2 Energia Solar Fotovoltaica

Ao contrário do que ocorre com a energia solar térmica, no caso fotovoltaico a radiação solar é convertida em eletricidade a partir de células compostas por materiais semicondutores, sendo o mais comumente utilizado o silício (Si). A eletricidade gerada pelas células pode ser utilizada imediatamente ou pode ser armazenada em baterias recarregáveis que são anexadas ao sistema (IBAM, 2004; BENEDITO, 2009). Apesar de ter uma baixa eficiência de conversão, com um fator de capacidade que pode variar de 13% a 18% nos sistemas brasileiros (BENEDITO, 2009), o sistema fotovoltaico pode ser explorado na escala urbana para uso em pequena escala, em residências, edificações, prédios públicos e sistemas de iluminação públicos como forma de reduzir o consumo elétrico do SIN. Hoje, existem 69 sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil, totalizando uma capacidade instalada de 9,9 MW (ANEEL, 2014). As Figuras 20, 21, 22 e 23 mostram possíveis configurações de sistemas fotovoltaicos que podem ser adotadas no âmbito urbano.



**Figura 20 – Células fotovoltaicas instaladas em um hospital em Fernando de Noronha – PE**

**Fonte: BARBOSA, E.; LOPES; TIBA, 2004 apud BENEDITO, 2009**



**Figura 21 – Células fotovoltaicas instaladas no campus da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Fonte: DIAS, 2006 apud BENEDITO, 2009**



**Figura 22 – Células fotovoltaicas instaladas no estacionamento do IEE-USP**

**Fonte: ZILLES, 2004 apud BENEDITO, 2009**



**Figura 23 – Células fotovoltaicas instaladas para iluminação pública em Curitiba**

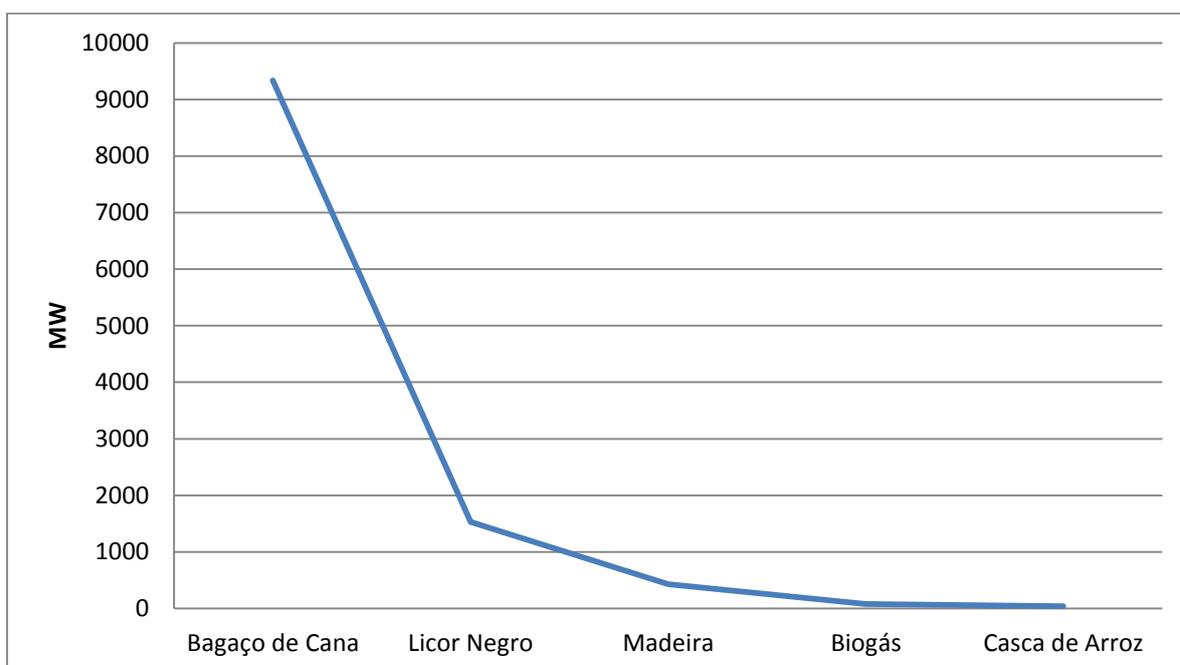
**Fonte: CORREIA, 2014**

A normativa visa reduzir as barreiras para a geração descentralizada com painéis fotovoltaicos e cria um sistema de compensação de energia que permite ao consumidor instalar estes painéis em sua residência mediante a troca de energia com a distribuidora local. Assim, a eletricidade gerada pela residência e consumida nela mesma resultará em uma economia financeira pela redução da eletricidade consumida da rede. Por outro lado, o montante de eletricidade que não for consumido poderá ser entregue à rede, dando direito a créditos ao consumidor que poderão ser utilizados no prazo de até 36 meses. Além dos créditos pela energia, há também um incentivo para novas instalações na forma de descontos nos preços de energia.

Uma das barreiras para o aproveitamento desta tecnologia ainda é o custo dos painéis. No entanto, a tecnologia fotovoltaica está se tornando cada vez mais competitiva, reduzindo aos poucos os seus custos. Em comunidades isoladas da rede de energia convencional, o uso dessa tecnologia é uma alternativa com custo baixo de implantação e manutenção, uma vez considerados os custos para se levar as linhas de distribuição de energia a estes locais. Normalmente é aplicada para atender aos sistemas de iluminação de escolas e centros comunitários, por exemplo (IBAM, 2004).

### 3.1.3 Biomassa

No âmbito urbano, a exploração do potencial de geração de eletricidade com a biomassa pode ocorrer via sistemas de cogeração com resíduos agroindustriais ou pelo uso de biogás de RSU. Hoje, o uso destas fontes de energia ainda é incipiente, com apenas 23 usinas em operação cuja capacidade instalada de 80,66 MW responde por apenas 8,46% da matriz elétrica brasileira (ANEEL, 2014). A Figura 24 mostra esta capacidade por tipo de resíduo de biomassa utilizado:



**Figura 24 - Capacidade instalada (MW) resíduos de biomassa – 2013**

**Fonte: ANEEL, 2014**

O processo de cogeração consiste na produção combinada de energia térmica sob a forma de vapor e energia elétrica a partir de um mesmo combustível. Como verificado na Figura 24, este processo é mais comumente utilizado no setor sucroalcooleiro para fornecimento de eletricidade à indústria, utilizando o bagaço de cana para cogeração de eletricidade. O licor negro é utilizado no setor de papel e celulose e a madeira no setor madeireiro, enquanto o biogás pode ser obtido da decomposição de resíduos sólidos urbanos ou dejetos animais.

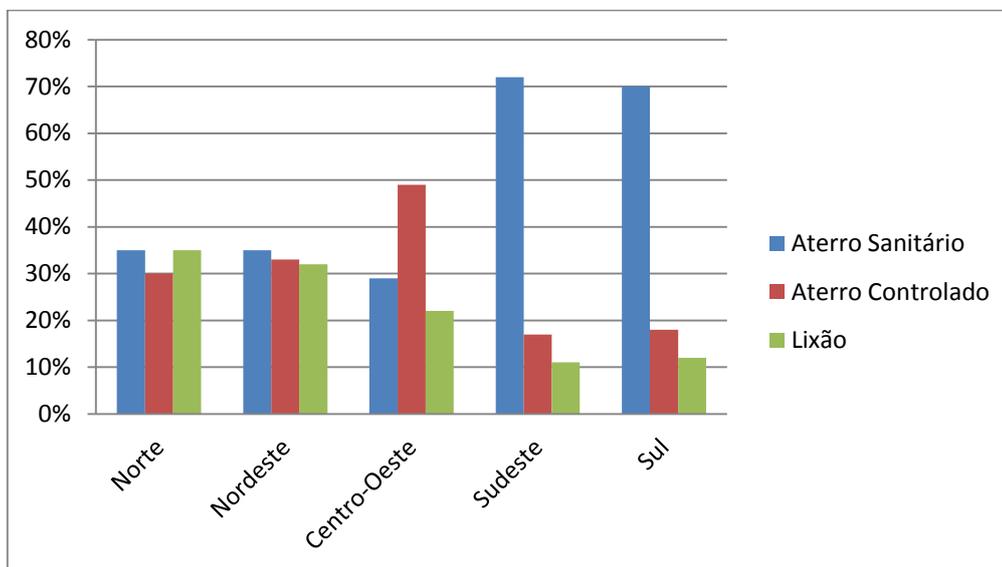
Apesar de ser uma das fontes de geração com biomassa menos utilizada, o biogás apresenta o melhor potencial de fornecimento de eletricidade no âmbito urbano, podendo ser obtido a partir da digestão anaeróbica de RSU, efluentes líquidos e dejetos animais. A sua produção pode ocorrer por meio de três rotas tecnológicas: a combustão direta; a gaseificação; e pelo uso de biodigestores que reproduzem o processo de digestão anaeróbica da biomassa (ANEEL, 2008).

A disponibilidade da biomassa necessária para produção de biogás é extremamente alta no Brasil. As regiões sul e centro-oeste apresentam atividades de criação de suínos, bovinos e aves com decorrente abundância de dejetos animais que podem ser reaproveitados em biodigestores para produção de biogás. No entanto, este tipo de combustível normalmente é utilizado para uso nas próprias fazendas de criação animal para consumo próprio. Para serem utilizados no âmbito urbano, para atender às demandas residenciais e comerciais urbanas, poderiam ser construídas centrais de dejetos por meio de parcerias com os poderes municipais, aumentando portanto a capacidade de geração de eletricidade e criando-se a possibilidade de fornecimento em âmbito urbano local.

Quanto aos RSU, a oportunidade de geração de biogás é ampla no país, considerando as altas taxas de geração de resíduos nos municípios brasileiros. Em 2011, 62 mil toneladas de RSU foram geradas no Brasil, dos quais 52,2% foram destinados a aterros sanitários, 21,5% a aterros controlados e 15,3% a lixões (ABRELPE, 2013).

A região sudeste concentra cerca de metade dos resíduos gerados no país, seguida da região nordeste, sul, centro-oeste e norte. As regiões sudeste e sul contam com a maior porcentagem de resíduos destinados a aterros sanitários, enquanto a região norte tem o maior índice de destinação em lixões, conforme indicado na Figura 25 (ABRELPE, 2013). Além disso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, estabelece o encerramento de lixões até o fim de 2014 e a elaboração de planos municipais de resíduos sólidos visando seu gerenciamento

adequado com base na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e pela logística reversa. Assim, as oportunidades para geração de eletricidade a partir do biogás de RSU como modo de enfrentar as questões ambientais ligadas à disposição adequada dos RSU hoje enfrentada pelos municípios se tornam ainda mais importantes.



**Figura 25 – Destinação Final de RSU por região em 2011**

**Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2011 apud ABRELPE, 2013**

Hoje, apenas dois aterros em São Paulo já produzem eletricidade com o uso de RSU: São João, desativado em 2009 com uma capacidade instalada de 21,56 MW; e o Bandeirantes, desativado em 2007, com uma capacidade de 20 MW (ABRELPE, 2013; ANEEL, 2014). O potencial de geração dos aterros sanitários do país é de 280 MW, concentrado na região sudeste (60,28%) e sendo necessário um investimento estimado em cerca de R\$ 1 bilhão para sua exploração (ABRELPE, 2013).

### 3.1.4 Redes inteligentes

No âmbito urbano, os sistemas de distribuição são majoritariamente aéreos e sujeitos às variáveis do clima. Danos provocados por raios e ventos intensos poderão aumentar no futuro, comprometendo a confiabilidade destes sistemas. Além disso, as edificações, a substituição da vegetação por asfalto e a poluição das cidades causam alterações atmosféricas como aumento

da temperatura, aumento da concentração de partículas no ar e redução dos ventos, favorecendo, portanto, a ocorrência de eventos extremos (CEBS, 2013).

Neste contexto, a adoção do modelo de redes inteligentes (*smart grids*) consiste em uma ação de adaptação que permite o aumento da resiliência do SEB e da confiabilidade de fornecimento de eletricidade principalmente às residências. Estas redes consistem no uso de equipamentos digitais e de comunicações nas redes de distribuição e transmissão que monitoram estes sistemas em tempo real, permitindo o envio de dados e informações à centros de controle nos quais serão analisados, visando auxiliar a operação e controle do sistema como um todo (CEBDS, 2013; CNRA, 2013; SIEMENS, 2014).

Para tanto, é necessário que a infraestrutura de transmissão e distribuição atual seja atualizada e novos equipamentos digitais sejam instalados ao longo das redes e nos centros consumidores. Os medidores eletromecânicos hoje utilizados, por exemplo, teriam de ser substituídos por medidores eletrônicos, que realizam medições em tempo real e têm comunicação bidirecional, possibilitando a coordenação da geração e do consumo de energia de modo mais eficiente. A introdução de sensores e controles automatizados também faz parte do escopo das redes inteligentes, permitindo que se possa antecipar, detectar e resolver problemas no sistema. Além disso, as redes permitirão um melhor controle do consumo pelos usuários (MME, 2010). As Figuras 26 e 27 mostram o sistema de transmissão e distribuição atual e o proposto pelas redes inteligentes.

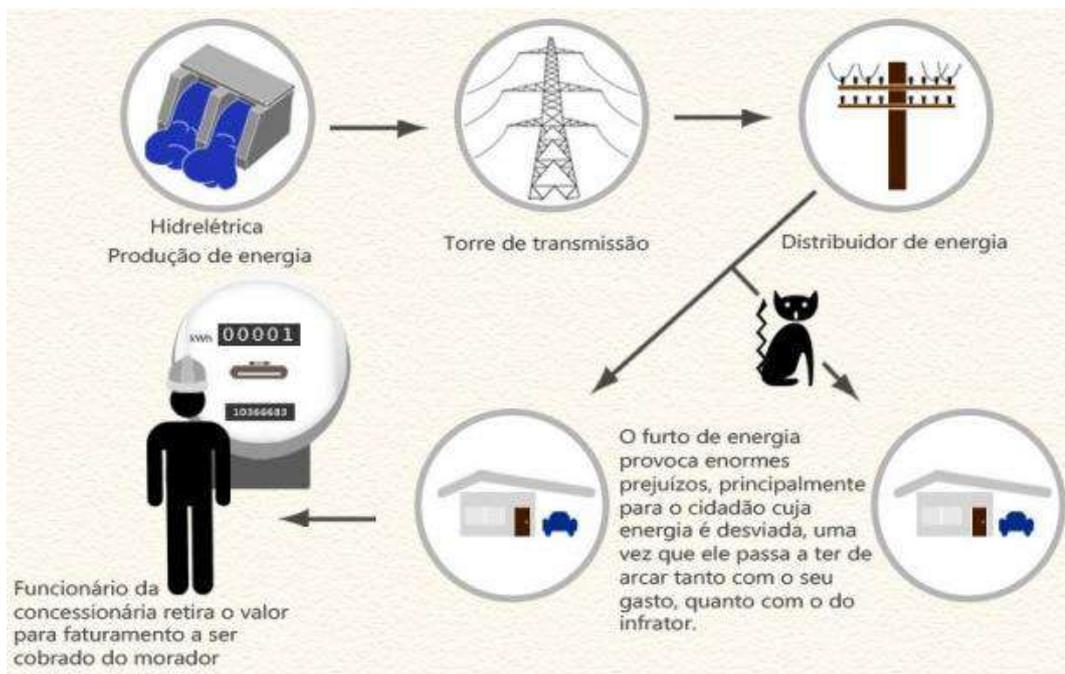


Figura 26 – Sistema de transmissão e distribuição atual no Brasil

Fonte: GHEDIN, 2006

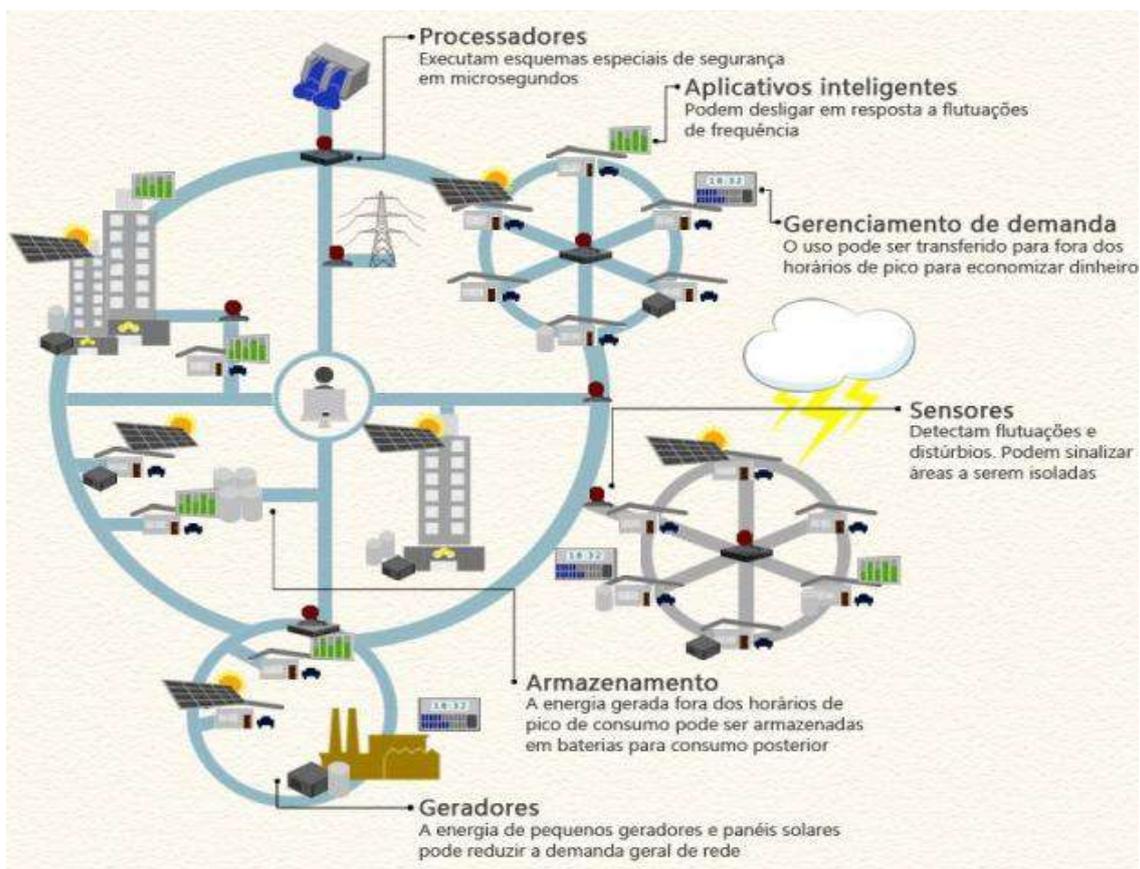


Figura 27 – Sistema proposto pelas redes inteligentes

Fonte: GHEDIN, 2006

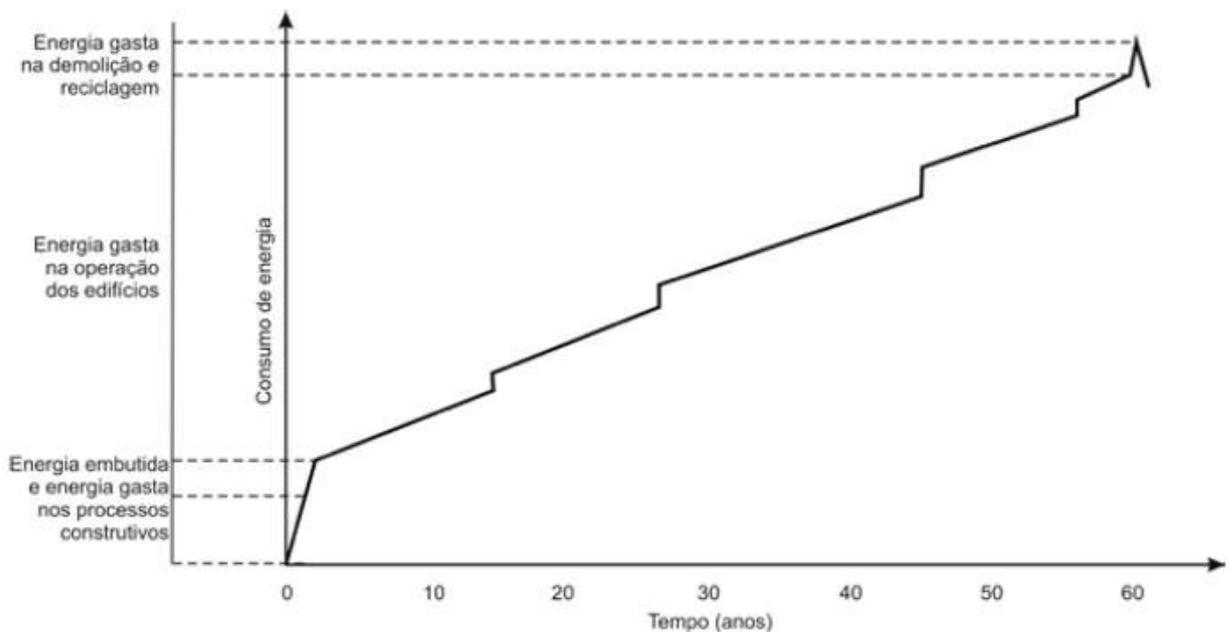
Com essa nova tecnologia empregada nas redes, será mais fácil a detecção de interrupções. As informações em tempo real possibilitarão o isolamento das áreas afetadas e o redirecionamento do fluxo de energia de forma a manter o maior número possível de consumidores atendidos, ajudando na prevenção de interrupção de fornecimento (MME, 2010). Além disso, o uso de redes inteligentes permitirá fornecer aos consumidores residenciais e comerciais um melhor acesso aos seus respectivos perfis de uso elétrico, de modo que estes poderão modificar seus hábitos de consumo visando um melhor gerenciamento e eficiência energética de seus equipamentos elétricos (CNRA, 2013).

Diversas concessionárias brasileiras têm investido em projetos-piloto de redes inteligentes. A Light, por exemplo, investiu R\$35 bilhões no Programa Smart Grid Light no Rio de Janeiro. Dentre outros produtos, a Light já desenvolveu medidores inteligentes com certificação digital assim como mais serviços e canais de interação com o consumidor. Já a Siemens tem trabalhado em parceria com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) para desenvolver soluções sob o conceito de redes inteligentes.

A busca por alternativas tecnológicas de redes de distribuição protegidas e isoladas também deve receber atenção a fim de aprimorar a convivência entre as árvores urbanas e as redes de distribuição aérea, evitando que a queda de árvores sobre a rede elétrica interrompa o fornecimento de energia (CEBDS, 2013).

### 3.2 Gerenciamento do lado da demanda

Nas cidades, as edificações são responsáveis por grande parte do consumo de energia desde a obtenção dos materiais necessários à sua construção, seus processos construtivos e sua disponibilização para uso. A energia consumida no uso das edificações, no entanto, é a maior responsável pelo consumo energético ao longo de sua vida útil, conforme ilustrado abaixo:



**Figura 28 – Energia consumida ao longo da vida útil de uma edificação**

**Fonte: SANTAMOURIS et al., 2006 apud MARINS, 2010**

Os níveis de eficiência ou desempenho energético em edificações, por sua vez, dependem de um conjunto de variáveis relacionadas aos seus padrões construtivos, às características do clima urbano, aos equipamentos utilizados e aos tipos de uso e ocupação das edificações. O projeto de uma edificação deve, portanto, considerar os fatores climáticos locais como orientação solar, radiação, sombreamento de elementos externos, fluxo de ventos etc. a fim de buscar o equilíbrio de seu consumo por energia (IBAM, 2004; MARINS, 2010).

As principais intervenções para economia de energia em edifícios referem-se ao planejamento do envelope da edificação (fachadas e cobertura) adequado às características climáticas locais. O envelope deve ser projetado de modo a otimizar a iluminação e ventilação natural da edificação, e reduzir efeitos indesejáveis como o excesso de radiação solar. O desempenho do envelope da edificação, por sua vez, depende principalmente da localização, da orientação, da volumetria e dos materiais empregados (SANTAMOURIS et al., 2001 apud MARINS, 2010).

O principal uso da eletricidade na maioria dos edifícios – residenciais ou comerciais - decorre dos sistemas de iluminação, ar-condicionado e equipamentos diversos, como elevadores, computadores, etc. A manutenção destes sistemas e equipamentos deve ocorrer periodicamente como forma preventiva de garantir que estes operem em condições ótimas de funcionamento, garantindo a redução de perdas de energia e desperdícios (IBAM, 2004).

Além das medidas de planejamento citadas acima, as edificações podem ter seu desempenho energético melhorado pela instalação de painéis solares fotovoltaicos e térmicos para geração de eletricidade e calor para aquecimento de água, respectivamente, os quais podem ser instalados na cobertura dos prédios como citado no item 3.1. No município de São Paulo, por exemplo, desde 2007 novas edificações são obrigadas pela Lei nº 14.459 a prever em seus projetos as instalações necessárias para sistemas de aquecimento solar, tanto em edifícios comerciais como residenciais (MARINS, 2010).

### 3.2.1 Construções verdes

Hoje, diversas certificações para edificações energeticamente eficientes já são parte do mercado e impulsionam principalmente o setor empresarial a adotar seus critérios de sustentabilidade em suas construções. O *Green Building Council*, por exemplo, é uma Organização Não-Governamental (ONG) que criou a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), hoje uma das principais certificações para edificações sustentáveis e presente em 143 países. A certificação avalia sete padrões na construção ou operação de edificações, dentre os quais sua eficiência energética.

No Brasil, a Norma Brasileira (NBR) 15.220 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), referente ao desempenho térmico de edificações define o zoneamento climático brasileiro criando oito zonas diferentes e classifica 330 cidades, recomendando diretrizes construtivas para que as edificações garantam o conforto de seus usuários e um melhor equilíbrio energético. Os seguintes parâmetros e condições de contorno são considerados pela NBR (ABNT, 2003):

- Tamanho das aberturas para ventilação;
- Proteção das aberturas;
- Vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e
- Estratégias de condicionamento térmico passivo.

Há também o Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (Reluz), instituído em 2000 e prorrogado até 2035, cujo objetivo é o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública e sinalização semafórica e o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), instituído em 2003, que estabelece regulamentos referentes ao nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, bem como de edifícios residenciais.

A seleção dos materiais internos e externos para a construção de edifícios representa um importante fator para o seu desempenho energético, já que seu envelope e fachada, caso tenham um albedo baixo, podem absorver mais energia do que o necessário – aumentando a necessidade de resfriamento interno do edifício – e as coberturas sem isolamento podem aumentar esta necessidade em 20% a 30% (PARKER, 2004 apud MARINS, 2010). O simples uso de coberturas com cores claras, por exemplo, com alto índice de refletância, podem reduzir a necessidade de resfriamento em 20%, por exemplo (IBAM, 2004; MARINS, 2010).

Além dos materiais construtivos, o projeto em si dos edifícios também interfere em seu desempenho energético. É importante considerar a sua localização em relação ao posicionamento do sol ao longo do ano, do regime de ventos da região, construções vizinhas, etc., a fim de otimizar o uso da iluminação e ventilação naturais (IBAM, 2004; MARINS, 2010). Recomenda-se privilegiar a fachada norte dos edifícios em relação às demais, por exemplo, devido às condições adequadas de insolação ao longo do ano, dos reduzidos ganhos de calor devido à radiação solar no verão e à possibilidade de aquecimento solar passivo no inverno (MARINS, 2010). Plantas estreitas e com eixo principal na direção leste-oeste permitem a redução de até 50% da demanda por energia para iluminação natural, e edifícios com profundidade de até 15 metros podem ter 70% da demanda por iluminação ser atendida pela luz solar (BAKER, STEEMERS, 2000 apud MARINS, 2010).

A quantidade e distribuição de áreas envidraçadas nas edificações também são importantes ao desempenho energético dos edifícios, pois permitem a entrada da luz e radiação solares e da ventilação natural. A área envidraçada total é frequentemente expressa como um percentual da área de piso, sendo recomendada uma porcentagem de 25% a 30% (BAKER, STEEMERS, 2000 apud MARINS, 2010). É importante evitar que estas fachadas fiquem demasiadamente expostas à radiação solar por períodos muito longos, sendo recomendável evitar fachadas envidraçadas com relação maior do que 50% (IBAM, 2004; BAKER, STEEMERS, 2000 apud MARINS, 2010) e podendo-se utilizar elementos sombreadores ou estudar a possibilidade de

utilizar sombras de árvores no entorno, quando possível, para reduzir a radiação solar e melhorar o clima interno (IBAM, 2004).

É importante também que as fachadas envidraçadas permitam a abertura das janelas para utilização da ventilação natural no edifício sempre que possível, atentando-se ao seu posicionamento ideal e ao seu uso combinado com o sistema de resfriamento artificial para otimização da eficiência energética, compatibilizando seu uso em determinados períodos do dia (IBAM, 2004).

O sistema de iluminação artificial hoje utilizado na maioria das edificações ainda é composto por interruptores centralizados, sem sensor de presença. O uso de sensores auxilia na redução de desperdícios de energia quando os locais internos não estiverem ocupados ou quando a intensidade da luz natural incidente na edificação for suficiente para que o acionamento do sistema de iluminação artificial não seja necessário.

Além das considerações acima, os equipamentos eletroeletrônicos utilizados no interior das edificações também oferecem oportunidades de redução no consumo de eletricidade. A substituição de equipamentos antigos e ultrapassados representa um potencial de redução de 171.433 GWh até 2020, com um investimento necessário de R\$19.672 milhões (RIBEIRO, SANTOS, PRAXEDES, 2009).

No âmbito residencial, a principal substituição a ser priorizada é a troca dos chuveiros elétricos por sistemas a gás ou de aquecimento solar, já que estes são responsáveis pela maior parte do consumo de eletricidade nas residências brasileiras. Lâmpadas incandescentes, normalmente utilizadas, também podem ser substituídas por fluorescentes compactas ou LED que utilizam menos potência, economizando, portanto, energia (RIBEIRO, SANTOS, PRAXEDES, 2009).

#### **4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O SEB tem sido planejado no âmbito nacional priorizando-se a expansão do parque de geração hidrelétrica e termelétrica, sendo que fontes complementares de energia como eólica e biomassa começaram a ser incentivadas somente nos últimos quatro anos pela realização de leilões específicos pela EPE. O Governo Brasileiro mantém uma posição internacional de

vanguarda ao combate e discussão das mudanças climáticas e de seus efeitos extremos, concentrando-se, no entanto, somente em ações mitigadoras, sem explorar o potencial de adaptação no país.

Para que se crie a resiliência do SEB, é preciso que as vulnerabilidades do setor sejam estudadas mais profundamente nos âmbitos regional e local, já que os cenários gerados pelos MCGs ainda apresentam altos graus de incerteza. O primeiro passo à adaptação e resiliência do setor é o incentivo a pesquisas acadêmicas em parceria com empresas do setor privado e público a fim de criar uma base de dados sobre eventos climáticos e seus impactos negativos na infraestrutura elétrica do país.

É necessário também que a geração complementar por fontes renováveis seja mais incentivada e explorada, principalmente em nível local por meio da geração descentralizada. O uso de painéis fotovoltaicos e de sistemas solares térmicos principalmente no âmbito residencial permite uma maior conscientização dos consumidores quanto ao seu próprio consumo e o aumento da confiabilidade do sistema, já que a carga do SIN é aliviada e as perdas na transmissão e distribuição da eletricidade a estes consumidores são reduzidas, reduzindo, portanto, a sua vulnerabilidade às mudanças do clima.

O uso de RSU para geração de eletricidade nos aterros sanitários também oferece um grande potencial de criação de resiliência no SEB, podendo gerar grandes volumes de eletricidade capazes de abastecer a população urbana de municípios próximos a estes locais de disposição, sem que grandes redes de transmissão sejam necessárias e garantindo o abastecimento de eletricidade complementar àquela entregue pelo SIN.

A geração distribuída permite, portanto, a expansão da oferta de eletricidade sem a necessidade de construção de usinas convencionais e sem a necessidade de construção de linhas de transmissão e distribuição, além de ter o benefício de poder ser utilizada nos momentos de pico da demanda, reduzindo os custos do consumidor.

Incentivos à implantação de sistemas de redes inteligentes devem ser promovidos pelo Governo, já que hoje as próprias concessionárias são as maiores responsáveis por experimentos neste sentido. Apesar de enfrentar diversas barreiras, como a substituição de milhares de medidores analógicos por eletrônicos no país inteiro, a tecnologia ainda não está plenamente desenvolvida, sendo necessários mais projetos-piloto e a criação de um banco de dados específicos para o seu aperfeiçoamento. O uso desta tecnologia aliada à geração descentralizada

criaria a resiliência urbana às mudanças climáticas, ajudando as cidades a tornarem-se autossuficientes e reduzindo a sua vulnerabilidade aos efeitos do clima quanto ao fornecimento de eletricidade.

Além das medidas acima, focadas no gerenciamento da geração de eletricidade no âmbito urbano, medidas de gerenciamento da demanda residencial e comercial são de extrema importância para melhorar os níveis de consumo e reduzir a necessidade de geração. Critérios de construção verde já têm sido adotados no Brasil, principalmente pelo incentivo do próprio setor privado que busca certificações visando seu marketing junto à sociedade. Novamente, o Governo deve atuar com maior participação, estabelecendo que novas edificações sejam construídas seguindo determinados parâmetros de eficiência. É necessário que os governos tanto federal, como estaduais e municipais assumam posicionamentos mais concretos, por meio de instrumentos de comando e controle e econômicos, por exemplo, que permitem ações e resultados mais imediatos.

O uso de subsídios para a geração descentralizada e implantação de redes inteligentes é um incentivo importante que o Governo tem buscado adotar, como no caso da Resolução Normativa nº 484/2012 da ANEEL. Tais medidas, no entanto, ainda correm muito lentamente e pela pressão do setor privado. O mesmo ocorre com o uso de padrões de construção verde, por exemplo, impulsionados pelo próprio setor privado e ainda não explorado suficientemente pelos governos.

O cenário que se verifica hoje no Brasil é o de que algumas ações pontuais têm sido tomadas que auxiliam à criação da resiliência do SEB, mas não de forma deliberada. Os investimentos em construção verde, geração descentralizada e redes inteligentes são realizados principalmente pelo setor empresarial com base em suas agendas particulares. É preciso que as ações de adaptação sejam pensadas como parte da política destas empresas e na visão de planejamento dos governos, acelerando seu desenvolvimento. Quanto antes a sociedade em geral se conscientizar da necessidade de adaptação às mudanças climáticas, mais rápido serão obtidos resultados e mais rápida será a construção da resiliência urbana.

## REREFÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos.** 2013. Disponível em < [www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas\\_portugues\\_2013.pdf](http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas_portugues_2013.pdf) >. Acesso em 11 mar. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma Brasileira 15220 Desempenho térmico de edificações.** Setembro, 2003. Disponível em < [www.engenharia.pro/papers/NBR\\_15220.pdf](http://www.engenharia.pro/papers/NBR_15220.pdf) >. Acesso em 14 mar. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil – 3ª Edição.** Brasília, 2008. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> >. Acesso em 11 mar. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012.** Abril, 2012. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >. Acesso em 10 mar. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico – SIGEL.** Março, 2014. Disponível em < <http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html> >. Acesso em 22 fev. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Matriz de Energia Elétrica – Empreendimentos em Operação. IV: Banco de Informações de Geração – BIG.** Março, 2014. Disponível em < [www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp) >. Acesso em 10 mar. 2014.

ARAÚJO, ROBERTO PEREIRA D'. **Setor Elétrico Brasileiro – Uma Aventura Mercantil**. Março, 2009. Disponível em < <http://www.desenvolvimentistas.com.br/blog/wp-content/uploads/setor-eletrico.pdf> >. Acesso em 18 set. 2013.

BAER, WERNER; MCDONALD, CURT. Um Retorno ao Passado? A Privatização de Empresas de Serviços Públicos no Brasil: O Caso do Setor de Energia Elétrica. *IN: Planejamento e Políticas Públicas*, nº 16. Dezembro, 1997. Disponível em < [www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/viewFile/113/115](http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/viewFile/113/115) >. Acesso em 18 set. 2013

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL - BNDES. **Apoio a projetos de eficiência energética - PROESCO**. 2014. Disponível em < [www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Areas\\_de\\_Atuacao/Meio\\_Ambiente/proesco.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atuacao/Meio_Ambiente/proesco.html) >. Acesso em 06 mar. 2014.

BENEDITO, RICARDO DA SILVA. **Caracterização da Geração Distribuída de Eletricidade por meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, no Brasil, sob os Aspectos Técnico, Econômico e Regulatório**. São Paulo, 2009. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. Disponível em < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-12082010-142848/en.php> >. Acesso em 11 mar. 2014.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto nº 3.515 de 20 de Junho de 2000**. Diário Oficial da União, Brasília, Junho, 2000. Seção I, p. 1. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D3515.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3515.htm) >. Acesso em 03 out.. 2013.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 10.847 de 15 de março de 2004**. Diário Oficial da União, Brasília, Mar, 2004a. Seção I, p. 1. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/110.847.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.847.htm) >. Acesso em 17 mar. 2014.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004**. Diário Oficial da União, Brasília, Julho, 2004b. Seção I, p. 1. Disponível em < [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM) >. Acesso em 10 mar. 2014.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 12.187 de 29 de Dezembro de 2009**. Diário Oficial da União, Brasília, Dez, 2009. Seção I, p. 109. Disponível em < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2009/lei-121887-29-dezembro-2009-599441-publicacaooriginal-121756-pl.html> >. Acesso em 03 out. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2010a. Disponível em < [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0213/213909.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213909.pdf) >. Acesso em 03 out. 2013.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 7.390 de 09 de Dezembro de 2010**. Diário Oficial da União, Brasília, Dez, 2010b. Seção I, p. 4. Disponível em < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2010/decreto-7390-9-dezembro-2010-609643-publicacaooriginal-130958-pe.html> >. Acesso em 03 out. 2013.

CALIFORNIA NATURAL RESOURCES AGENCY - CNRA. **2009 California Climate Adaptation Strategy**. Califórnia, 2009. Disponível em < [http://resources.ca.gov/climate\\_adaptation/docs/Statewide\\_Adaptation\\_Strategy.pdf](http://resources.ca.gov/climate_adaptation/docs/Statewide_Adaptation_Strategy.pdf) >. Acesso em 04 mar. 2014.

CALIFORNIA NATURAL RESOURCES AGENCY - CNRA. **Safeguarding California: Reducing Clima Risk. An Update to the 2009 California Climate Adaptation Strategy - Public Draft**. Dezembro, 2013. Disponível em < [resources.ca.gov/climate\\_adaptation/docs/Safeguarding\\_California\\_Public\\_Draft\\_Dec-10.pdf](http://resources.ca.gov/climate_adaptation/docs/Safeguarding_California_Public_Draft_Dec-10.pdf) >. Acesso em 08 mar. 2014.

CARMIN, J.; ROBERTS, D.; ANGUELOVSKI, I. *Planning climate resilient cities – early lessons from early adapters*. V Simpósio de Pesquisas Urbanas sobre Clima e Mudanças Climáticas do Banco Mundial. França. Junho, 2009. Disponível em < <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1256566800920/6505269-1268260567624/Carmin.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

CASTRO, NIVALDE, J.; BRANDÃO, ROBERTO; DANTAS, GUILHERME; ROSENTAL, RUBENS. O Processo de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro e os Impactos da MP 579. *IN: Texto de Discussão do Setor Elétrico*, nº 51, Jan, 2013. Disponível em < [www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/tdse/TDSE-51.pdf](http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/tdse/TDSE-51.pdf) >. Acesso em 08 out. 2013.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - ELETROBRAS. **História da Eletrobrás**. Disponível em < [www.eletrobras.com.br/Em\\_Biblioteca\\_40anos/default.asp](http://www.eletrobras.com.br/Em_Biblioteca_40anos/default.asp) >. Acesso em 19 set. 2013.

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE – GVCES. **Adaptação e Análise de Riscos Climáticos para as Empresas**. Oficina nº 3, Junho, 2011. Disponível em < [http://empresaspeloclima.com.br/cms/arquivos/cartilha\\_adaptacao\\_versao\\_final\\_\(2\).pdf](http://empresaspeloclima.com.br/cms/arquivos/cartilha_adaptacao_versao_final_(2).pdf) >. Acesso em 25 fev. 2014.

COELHO, SUANI TEIXEIRA. **Cogeração de Energia**. São Paulo, 2013. Material de aula fornecido no Programa de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético da Universidade de São Paulo.

COMITÊ MUNICIPAL DE MUDANÇAS DO CLIMA E ECOECONOMIA - CMMCE. **Diretrizes para o Plano de Ação da Cidade de São Paulo para Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas**. São Paulo. Maio, 2011. Disponível em < [www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/diretrizes\\_clima\\_bilingue\\_julho\\_2011\\_low\\_1310480805.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/diretrizes_clima_bilingue_julho_2011_low_1310480805.pdf) >. Acesso em 05 mar. 2014.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CEBDS. **Estudo sobre adaptação e vulnerabilidade à variabilidade climática:** casos do setor elétrico brasileiro. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em < [http://www.cebds.org.br/media/uploads/estudo\\_sobre\\_adapta%C3%A7%C3%A3o\\_e\\_vulnerabilidade\\_%C3%A0\\_mudan%C3%A7a\\_do\\_clima\\_o\\_caso\\_do\\_setor\\_el%C3%A9trico\\_brasileiro.pdf](http://www.cebds.org.br/media/uploads/estudo_sobre_adapta%C3%A7%C3%A3o_e_vulnerabilidade_%C3%A0_mudan%C3%A7a_do_clima_o_caso_do_setor_el%C3%A9trico_brasileiro.pdf) >. Acesso em 02 mai. 2013.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA – CQNUMC. **Background of the UNFCCC: The international response to climate change.** Disponível em < [http://unfccc.int/essential\\_background/items/6031.php](http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php) >. Acesso em 08 ago. 2013.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA - CQNUMC. *Hurricane Katrina: A climate wakeup call. IN: Private Sector Initiative - Actions on Adaptation.* 2014a. Disponível em < [unfccc.int/files/adaptation/nairobi\\_work\\_programme/private\\_sector\\_initiative/application/pdf/energy.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/nairobi_work_programme/private_sector_initiative/application/pdf/energy.pdf) >. Acesso em 06 mar. 2014.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA - CQNUMC. *ClimaGrid - Brazil. IN: Private Sector Initiative – Actions on Adaptation.* 2014b. Disponível em < [unfccc.int/files/adaptation/nairobi\\_work\\_programme/private\\_sector\\_initiative/application/pdf/energias\\_brasil\\_revised.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/nairobi_work_programme/private_sector_initiative/application/pdf/energias_brasil_revised.pdf) >. Acesso em 06 mar. 2014.

CÔRREA, MARIA LETÍCIA. Contribuição para uma história da regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil: o Código das Águas de 1934 e o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica. *IN: Política & Sociedade*, Vol. 4, n. 6, Abril 2005. Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/politica/article/view/1955> >. Acesso em 20 set. 2013.

CORREIA, NÉO. **Quintal-TEC: Osasco testa energia solar na iluminação pública.** Janeiro, 2014. Disponível em < <http://www.quintaldanoticia.com.br/2014/01/27/quintal-tec-osasco-testa-energia-solar-na-iluminacao-publica/> >. Acesso em 08 abr. 2014.

ECOFINANÇAS. **Consumo recorde faz ONS elevar geração térmica.** Janeiro, 2014. Disponível em < [www.ecofinancas.com/noticias/consumo-recorde-faz-ons-elevar-geracao-termica](http://www.ecofinancas.com/noticias/consumo-recorde-faz-ons-elevar-geracao-termica) >. Acesso em 24 fev. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020.** Brasília, 2011. Disponível em < [http://www.epe.gov.br/PDEE/20120302\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20120302_1.pdf) >. Acesso em 07 mar. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2013: Ano base 2012.** Rio de Janeiro, 2013a. Disponível em < [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2013.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf) >. Acesso em 14 fev. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022.** Brasília, 2013b. Disponível em < [http://www.epe.gov.br/PDEE/20140124\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20140124_1.pdf) >. Acesso em 14 fev. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Destaques de Leilões.** 2014. Disponível em <http://www.epe.gov.br/leiloes/Paginas/default.aspx> >. Acesso em 17 mar. 2014.

EBINGER, J.; VERGARA, W. *Climate Impacts on Energy Systems: key issues for energy sector adaptation.* Banco Mundial. Washington, 2011. Disponível em < [http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/E-Book\\_Climate%20Impacts%20on%20Energy%20Systems\\_BOOK\\_resized.pdf](http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/E-Book_Climate%20Impacts%20on%20Energy%20Systems_BOOK_resized.pdf) >. Acesso em 04 mar. 2014.

ESTADÃO. FMI corta, de novo, projeção de avanço do PIB do Brasil em 2014. *IV: Economia&Negócios.* 21 de janeiro, 2014. Disponível em < <http://www.economia.estadao.com.br/noticias/economia-geral,fmi-corta-de-novo-projecao-de-avanco-do-pib-do-brasil-em-2014,175886,0.htm> >. Acesso em 24 fev. 2014.

FAGÁ, MURILO. **Instalações Solares para Aquecimento de Água**. São Paulo, 2013. Material de aula fornecido no Programa de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético da Universidade de São Paulo.

GASTALDO, MARCELO MACHADO. Histórico da regulamentação do setor elétrico brasileiro. *IN: O setor elétrico*. Edição de janeiro de 2009, Cap. I, p. 36 – 42. Disponível em < [http://www.osetoreletrico.com.br/ose/assets/2c688ee8/ed.36\\_fasciculo\\_capitulo\\_1\\_direito\\_em\\_energia\\_eletrica.pdf](http://www.osetoreletrico.com.br/ose/assets/2c688ee8/ed.36_fasciculo_capitulo_1_direito_em_energia_eletrica.pdf) >.

GHEDIN, RODRIGO. **O que é, como funciona e quais os benefícios do Smart Grid**. Outubro, 2012. Disponível em < <http://www.gizmodo.uol.com.br/infografico-o-que-e-como-funciona-e-quais-os-beneficios-do-smart-grid/> >. Acesso em 08 abr. 2014.

GOMES, ANTÔNIO CLARET S.; ABARCA, CARLOS DAVID G.; FARIA, ELÍADA ANTONIETA S. T.; FERNANDES, HELOÍSA HELENA DE O. **BNDES 50 Anos – Histórias setoriais: O Setor Elétrico**. Dezembro, 2012. Disponível em < [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro\\_setorial/setorial14.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf) >. Acesso em 12 set. 2013.

GOLDENBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. *IN: Revista Estudos Avançados*. Nº 59, Dossiê Energia, Novembro, 2006. Disponível em < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142007000100003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003) >. Acesso em 01 out. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Guia Técnico PROCELgem - Gestão Energética Municipal**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em < <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?TeamID={28E0A622-909E-4AF1-BF96-B90EA35B5D3E}> >. Acesso 09 mar. 2014.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. Mudanças Climáticas e o Setor Elétrico Brasileiro. *IN: White Paper Instituto Acende Brasil*. Edição nº 6, Janeiro, 2012. Disponível em < [www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2012\\_WhitePaperAcendeBrasil\\_06\\_MudancasClimaticas\\_Rev2.pdf](http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2012_WhitePaperAcendeBrasil_06_MudancasClimaticas_Rev2.pdf) >. Acesso em 07 out. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília, 2011. Disponível em < [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro\\_mudacadolima\\_port.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_mudacadolima_port.pdf) >. Acesso em 03 out. 2013.

JARDIM, PRISCILA NUNES FRAMA MAIA. **Ganhos e Perdas com a Implementação do Atual Modelo Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em < [www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/jardim.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/jardim.pdf) >. Acesso em 01 out. 2013.

LOSEKANN, LUCIANO. MP 579: Prorrogação das concessões e apropriação da renda inframarginal. *IN: Ambiente Energia*. Outubro, 2012. Disponível em < <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2012/10/mp-579-prorrogacao-das-concessoes-e-apropriacao-da-renda-inframarginal/20959> >. Acesso em 01 out. 2013.

LUCENA, A. F. P.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. **A vulnerabilidade do sistema de energia elétrica à mudança climática no Brasil**. *IN: Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC)*, p. 20-33. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em < <http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

MARCOVITCH, JACQUES. **Mudanças Climáticas Globais: Desafios e Oportunidades de Pesquisa - Políticas Públicas e Mudanças Climáticas**. Campinas, 2010. Disponível em < <http://www.prp.rei.unicamp.br/site/portal/PRP/MudancasClimaticas/JacquesMarcovitch.pdf> >. Acesso em 12 mar. 2014.

MARENGO, JOSÉ A.; DIAS, PEDRO L. DA SILVA. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. *IN: Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Cap. 3, p. 63 – 109. 3ª Edição. São Paulo, 2006.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. São Paulo/Rio de Janeiro, 2007. Disponível em < [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod\\_probio/Sumario.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Sumario.pdf) >. Acesso em 13 mai. 2013.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. **Economia da Mudança do Clima no Brasil: Custos e Oportunidades**. São Paulo, 2010. Disponível em < [http://www.colit.pr.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/Economia\\_do\\_clima.pdf](http://www.colit.pr.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/Economia_do_clima.pdf) >. Acesso em 09 mar. 2014.

MARGULIS, S. Adaptação e Economia. *IN: Fórum Latino Americano de Adaptação às Mudanças do Clima*. Junho, 2013. Disponível em < [www.gvces.com.br/arquivos/179/GVces\\_Forum\\_de\\_Adaptacao\\_26.06.2013.pdf](http://www.gvces.com.br/arquivos/179/GVces_Forum_de_Adaptacao_26.06.2013.pdf) >. Acesso em 04 mar. 2014.

MARINS, K. R. de C. C. **Proposta metodológica para planejamento energético no desenvolvimento de áreas urbanas**. São Paulo, 2010. Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo. Disponível em < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-09062010-155906/pt-br.php> >. Acesso em 18 set. 2013.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> de acordo com a ferramenta metodológica: "Tool to calculate the emission factor for an electricity system, versions 1, 1.1, 2, 2.1.0 and 2.2.0"** aprovada pelo Conselho Executivo do MDL. Disponível em < <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/74689.html> >. Acesso em 24 fev. 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Relatório Smart Grid**. 2010. Disponível em < [www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/acoes/Energia/Relatxrio\\_GT\\_Smart\\_Grid\\_Portaria\\_440-2010.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/acoes/Energia/Relatxrio_GT_Smart_Grid_Portaria_440-2010.pdf) >. Acesso em 10 mar. 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balanco Energético Nacional 2013 – ano base 2012**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em < [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2013.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf) >. Acesso em 12 mar. 2014.

NATIONAL ROUND TABLE ON THE ENVIRONMENT AND THE ECONOMY - NRTEE. **True North: Adapting Infrastructure to Climate Change in Northern Canada**. Canadá, 2009. Disponível em < <http://caid.ca/TruNorInf2009.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

NATIONAL ROUND TABLE ON THE ENVIRONMENT AND THE ECONOMY – NRTEE. **Facing the elements: Building Business Resilience in a Changing Climate. Report 05 – Case Studies**. Canadá, 2012a. Disponível em < <http://collectionsCanada.gc.ca/webarchives2/20130322144348/http://nrtee-trnee.ca/wp-content/uploads/2012/03/cp5-case-studies.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

NATIONAL ROUND TABLE ON THE ENVIRONMENT AND THE ECONOMY - NRTEE. **Facing the Elements: Building Business Resilience in a Changing Climate. Report 05 - Business Primer**. Canadá, 2012b. Disponível em: < <http://collectionsCanada.gc.ca/webarchives2/20130322184201/http://nrtee-trnee.ca/wp-content/uploads/2012/04/cp5-business-primer.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

NEUMANN, J. E.; PRICE, J. C. *Adapting to climate change: the public policy response – public infrastructure*. Junho, 2009. Disponível em < <http://www.rff.org/rff/documents/RFF-Rpt-Adaptation-NeumannPrice.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO - NIPE. **Projeto de Sistema de Geração Distribuída Residencial**. 2014. Disponível em < [www.nipe.unicamp.br/2013/projetos-detalle.php?id=221](http://www.nipe.unicamp.br/2013/projetos-detalle.php?id=221) >. Acesso em 06 mar. 2014.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL – OMM. *World Climate Conferences*. Disponível em < [http://www.wmo.int/pages/themes/climate/international\\_wcc.php](http://www.wmo.int/pages/themes/climate/international_wcc.php) >. Acesso em 08 ago. 2013.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS DO CLIMA – IPCC. **Fourth Assessment Report (IPCC-AR4) – Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Disponível em < <http://www.ipcc-wg2.gov/publications/IPCC-AR4/index.html> >. Acesso em 02 mai. 2013.

PRASAD, N.; RANGHIERI, F.; SHAH, F.; TROHANIS, Z.; KESSLER, E.; SINHA, R. *Climate resilient cities: a primer on reducing vulnerabilities to disasters*. Banco Mundial. Washington, 2009. Disponível em < [http://siteresources.worldbank.org/INTEAPREGTOPURBDEV/Resources/Primer\\_e\\_book.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTEAPREGTOPURBDEV/Resources/Primer_e_book.pdf) >. Acesso em 04 mar. 2014.

RIBEIRO, F. de M.; SANTOS, F. C. B.; PRAXEDES, M. **O Setor Elétrico Brasileiro no Enfrentamento dos Desafios Climáticos: Oportunidades Ocultas no Aproveitamento de Desperdícios**. 2009. Disponível em < [http://www.usp.br/mudarfuturo/2009/pdf/09\\_05\\_22\\_cap4.pdf](http://www.usp.br/mudarfuturo/2009/pdf/09_05_22_cap4.pdf) >. Acesso em 06 mar. 2014.

SALATI E.; SALATI, E.; CAMPANHOL, T.; NOVA, N. V. **Tendências das variações climáticas para o Brasil no século XX e balanços hídricos para cenários climáticos para o século XXI**. São Paulo/Rio de Janeiro, 2007. Disponível em < [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod\\_probio/Relatorio\\_4.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_4.pdf) >. Acesso em 13 mai. 2013.

SAUER, ILDO. **Um Novo Modelo para o Setor Elétrico Brasileiro**. São Paulo, 2002. Disponível em < <http://www.labee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/sauer5.pdf> >. Acesso em 07 mai. 2013.

SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. S.; LUCENA, A. F. P. de; SOUZA, R. R. de; BORBA, B. S. M. C.; COSTA, I. V. L. da; JÚNIOR, A. O. P.; CUNHA, S. H. F. da. **Mudanças Climáticas e Segurança Energética no Brasil**. Junho, 2008. Disponível em < [www.mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/CLIMA\\_E\\_SEGURANCA-EnERGETICA\\_FINAL.pdf](http://www.mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/CLIMA_E_SEGURANCA-EnERGETICA_FINAL.pdf) >. Acesso em 13 mai. 2013.

SCOTTISH AND SOUTHERN ENERGY GROUP – SSE. *SSE Generation Climate Change Adaptation Report*. Julho, 2011. Disponível em < <http://archive.defra.gov.uk/environment/climate/documents/adapt-reports/03electric-gen/sse-generation.pdf> >. Acesso em 13 mai. 2013.

SEPE, P. M.; COSTA, C. V. B.; RABETHGE, L. Metrôpoles e as Mudanças Climáticas - Uma Análise Comparativa de Políticas e Programas em Quatro Cidades do Mundo. *IN: VI Encontro Nacional da Anppas*. Belém. Setembro, 2012. Disponível em < <http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT11-832-651-20120716032443.pdf> >. Acesso em 05 mar. 2014.

SIEBERT, C. A. F.; Mudanças Climáticas e Resiliência Urbana. *IN: Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*. Disponível em < [www.anpur.org.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/viewFile/4398/4267](http://www.anpur.org.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/viewFile/4398/4267) >. Acesso em 08 mar. 2014.

SILVA, Bruno Gonçalves da. **Evolução do Setor Elétrico Brasileiro no Contexto Econômico Nacional: Uma Análise Histórica e Econométrica de Longo Prazo**. São Paulo, 2011. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. Disponível em < <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2011/Teses/BrunoSilvaRevisada.pdf> >. Acesso em 18 set. 2013.

SUSSMAN, FRANCES G.; FREED, J. RANDALL. *Adapting to Climate Change: A Business Approach*. Abril, 2008. Disponível em < [www.c2es.org/docUploads/Business-Adaptation.pdf](http://www.c2es.org/docUploads/Business-Adaptation.pdf) >. Acesso em 25 fev. 2014

TOMPKINS, E. L.; ADGER, W. N. *Building resilience to climate change through adaptive management of natural resources*. Jan, 2003. Disponível em < <http://www.tyndall.ac.uk/content/building-resilience-climate-change-through-adaptive-management-natural-resources> >. Acesso em 13 mai. 2013.

TUNDISI, JOSÉ GALIZIA; TUNDISI, TAKAKO MATSUMURA; ROCHA, ODETE. Ecosistemas de águas interiores. *IN: Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Cap. 6, p. 161 – 202. 3ª Edição. São Paulo, 2006.

WORLD WILDLIFE FUND – WWF. *Agenda Elétrica Sustentável 2020 – Estudo de Cenários para um Setor Elétrico Brasileiro Eficiente, Seguro e Competitivo*. Brasília, 2006. Disponível em < [http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf\\_energia\\_ebook.pdf](http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf_energia_ebook.pdf) >. Acesso em 11 mar. 2014.

## **GLOSSÁRIO**

Adaptação	Medidas que atuam em resposta aos impactos atuais e potenciais das mudanças climáticas com o objetivo de minimizar a exposição aos impactos e aproveitar suas potenciais oportunidades.
Resiliência	Capacidade de um dado sistema responder com sucesso às variabilidades e mudanças climáticas e retornar com sucesso ao seu estado de equilíbrio natural.
Vulnerabilidade	Grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos das mudanças do clima, dentre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.