

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

DENISE GOMES DE GOMES

**O CARVÃO MINERAL COMO COMPLEMENTO NA MATRIZ ENERGÉTICA
BRASILEIRA: SEGURANÇA ENERGÉTICA VS. SUSTENTABILIDADE**

**Santana do Livramento
2015**

DENISE GOMES DE GOMES

**O CARVÃO MINERAL COMO COMPLEMENTO NA MATRIZ
ENERGÉTICA BRASILEIRA: SEGURANÇA ENERGÉTICA VS.
SUSTENTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Econômicas da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Ciências Econômicas

Orientador: Prof. Me. André da Silva
Redivo

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

G633c Gomes, Denise Gomes de
O CARVÃO MINERAL COMO COMPLEMENTO NA MATRIZ ENERGÉTICA
BRASILEIRA: SOLUÇÃO VS. SUSTENTABILIDADE / Denise Gomes de
Gomes.
56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, CIÊNCIAS ECONÔMICAS, 2015.
"Orientação: André da Silva Redivo".

1. Carvão Mineral. 2. Externalidade. 3. Setor Elétrico
Brasileiro. I. Título.

CDD 333.7

DENISE GOMES DE GOMES

**O CARVÃO MINERAL COMO COMPLEMENTO NA MATRIZ
ENERGÉTICA BRASILEIRA: SEGURANÇA ENERGÉTICA VS.
SUSTENTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências
Econômicas da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Ciências Econômicas.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: Onze de Dezembro de
2015.

Banca examinadora:

Prof. Me. André da Silva Redivo
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Me. Diego Dorneles Goulart
UNIPAMPA

Prof^a. Me. Patricia Eveline dos Santos Roncato
UNIPAMPA

AGRADECIMENTO

Ao longo desta jornada muitas pessoas se fizeram importante. Agradeço a todos os professores que tive, essenciais no processo de aprendizagem. Em especial preciso agradecer, primeiramente, ao meu orientador André Redivo que aceitou este desafio de dividir conhecimento comigo e o fez com maestria. Agradeço também à professora Gleicy Denise Vasques Moreira Santos por ter me apresentado o Carvão Mineral e me aberto os olhos quanto às possibilidades de estudo do mesmo. Ao professor Gustavo Aggio por nunca ter desistido de mim e ter se tornado um amigo durante a graduação e ao professor Eduardo Angeli, com quem aprendi muito e entendi o quanto o curso de Economia pode ser plural.

Agradeço à minha família, responsável por todo o apoio e incansável suporte emocional. Aos meus amigos por me ouvirem sempre que estive em dúvida. Enfim, àqueles que nunca me abandonaram, meu mais sincero agradecimento.

“[...] o carvão continuará a ser fonte importante de energia por tempo indeterminado”.

Ivo Theis

RESUMO

As preocupações com o setor energético cresceram vertiginosamente nas últimas décadas. A oferta estável de energia se mostrou essencial para o crescimento econômico e para a qualidade de vida das pessoas e investimentos no setor são feitos desde então. O aumento da demanda por energia fez com que a matriz energética brasileira se tornasse bastante diversificada, a fim de aproveitar de maneira mais eficiente seus recursos energéticos. Quando lidamos com recursos naturais, é imprescindível levar em conta que, além de serem exauríveis, podem ser condicionados à ação da natureza. Assim, no Brasil, vários apagões ocorreram na década de 2000, devido a características da sua matriz energética, o que configurou uma mudança na postura de um país que prioriza o uso dos recursos renováveis, mas vê-se obrigado a elevar o uso das energias não renováveis a fim de reestabelecer a oferta energia. Dentre esses recursos cujo nível da produção foi elevado está o carvão mineral, recurso que implica baixo custo de extração, além de não estar suscetível à ação climática. Assim, o presente estudo tem por objetivo analisar se, no período de 2000-2014, o carvão mineral pode ser considerado um complemento eficiente para a geração de energia elétrica no Brasil dentro do Sistema Interligado Nacional. Para tanto, faz-se um resgate histórico-quantitativo a fim de compreender a estrutura do setor elétrico, bem como analisar as implicações que o uso do carvão mineral gera, usando como base a Teoria Microeconômica, a Economia do Meio Ambiente e os dados dos Balanços Energéticos Nacionais para o período. Como resultados, verifica-se que a participação do carvão mineral na oferta interna de energia está em período ainda de retomada após uma queda, porém cabe ressaltar que as externalidades que seu uso gera são bastantes expressivas e merecem atenção especial.

Palavras-Chave: Carvão Mineral, Setor Elétrico Brasileiro, Externalidade.

ABSTRACT

The concerns about the energy sector have grown dizzily in the last decades. The stable energy supply has proved essential to economic growth and for the quality of life and investments in the sector are made since then. Increasing demand for energy caused the Brazilian energy matrix became quite diverse to take advantage more efficiently its energy resources. When dealing with natural resources, it is essential to take into account that, besides being exhaustible, can be conditioned to the nature's action. Thus in Brazil several blackouts occurred in the 2000s, due to characteristic of its energy matrix, which set a change in the posture of a country that prioritizes the use of renewable resources, but finds itself obliged to raise the use of energy non-renewable in order to restore the energy supply. Among these resources whose level of production was raised is the coal, a resource that implies low extraction costs, besides not being susceptible to climate action. This way, the present study aims to examine whether in the period of 2000-2014 the coal can be considered an effective complement to the generation of electricity in Brazil within the National Interconnected System. To this, makes a historical-quantitative ransom in order to understand the structure of the electricity sector and to examine the implications that the use of coal generates using as a basis the Microeconomic Theory, Economics of Environment and data National Energy Balances for the period. As a result, it is found that the share of coal in the domestic energy supply is still in a period of recovery after a fall, but it is noteworthy that the externalities that their use generates are quite expressive and deserve special attention.

Keywords: Coal, Brazilian Energy Sector, Externalities

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição da Matriz Energética Brasileira 2000-2014: fontes não renováveis (em 10 ³ tep).....	32
Figura 2: Composição da Matriz Energética Brasileira 2000-2014: fontes renováveis (em 10 ³ tep).....	32
Figura 3: Uso de Fontes Renováveis e Não Renováveis no Brasil 2000-2014 (em 10 ³ tep).....	33
Figura 4: Produção Interna de Energia 2000-2014: Hidroelétrica e Petróleo e Carvão Mineral (em 10 ³ tep).....	36
Figura 5: Oferta Interna de Energia 2000-2014 (em 10 ³ tep): Carvão Mineral e Hidroeletricidade.....	40
Figura 6: As trajetórias dos níveis das reservas de carvão, da produção e consumo de carvão energético: 2000-2012.....	43
Figura 7: Oferta Interna de Energia 2000-20014: Carvão Mineral (%).....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Usinas de Geração de Energia em operação no Brasil (2015)	41
Tabela 2: Dados das trajetórias dos níveis das reservas de carvão, da produção e consumo de carvão energético: 2000-2012	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo Geral.....	11
1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 Justificativa.....	11
1.4 Metodologia.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Caracterização e análise da estrutura de mercado do setor elétrico.....	14
2.2 Externalidades x Sustentabilidade na produção de energia elétrica	16
2.3 A Economia do Meio Ambiente	19
2.4 A Tecnologia como forma de reduzir os efeitos das externalidades.....	21
3 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	24
3.1 Histórico da produção de energia elétrica no país	24
3.2 Caracterização da atual estrutura do setor elétrico brasileiro	29
3.3 Configuração da Matriz Energética Brasileira desde 2000	31
4 A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO CARVÃO MINERAL E SUAS IMPLICAÇÕES	35
4.1 A dependência de Combustíveis Fósseis para o Sistema Interligado Nacional ..	35
4.2 O uso do carvão mineral como complemento ao sistema hidrométrico e a geração de energia térmica através do carvão mineral	41
4.3 Externalidades do uso do carvão mineral como gerador de energia elétrica.....	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

Ao se analisar a estrutura da matriz energética brasileira, as falhas da mesma se tornam evidentes. O Brasil necessita de uma oferta de energia considerável, dada a necessidade de atender ao aumento populacional e ao crescimento econômico, porém a estrutura energética nem sempre foi capaz de suprir a demanda, principalmente na década de 2000, seja por fatores ambientais e climáticos ou por falhas técnicas e humanas. Desde então os esforços foram intensificados, através de políticas energéticas a fim de estabelecer uma produção de energia de longo prazo segura, de qualidade e com preço acessível para atender à demanda foram intensificados.

A adoção de uma estratégia voltada para o setor energético se mostra importante no cenário mundial e nacional para o crescimento econômico de um país - e também para o desenvolvimento do mesmo. O Brasil é um país que necessita de uma oferta alta de energia para manter e ampliar o nível de consumo e produção, assim, priorizou-se o uso dos recursos minerais de maior abundância no país. A Matriz Energética nacional opera com fontes mistas, renováveis e não renováveis de energia, porém a rede do Sistema Interligado Nacional é majoritariamente composta por usinas de energia hidrelétricas, de maneira que nem sempre é factível oferecer segurança energética apoiando-se apenas na energia advinda das águas.

No nosso país, ocorre algo bastante diferente do que ocorre com a maioria dos países da ordem mundial: nesses países os recursos energéticos utilizados em larga escala são quase que na sua totalidade provenientes de petróleo e derivados e do carvão mineral e derivados, ao passo que o Brasil possui reservas de várias fontes de energia como, além de um sistema hidroelétrico amplo, a eólica, a nuclear, o gás natural, os derivados do petróleo e o carvão mineral e seus derivados.

Por fatores ambientais e climáticos, apagões podem ocorrer e, então, se vê a necessidade de uso das outras fontes de energia a fim de complementar o sistema hidrelétrico para estabilizar a oferta de energia. O Brasil adere a esses complementos e em especial aumenta o uso de combustíveis fósseis, principalmente do carvão mineral dado que a extração deste não implica custos altos tampouco está

sujeita às alterações ambientais e climáticas. Há, porém o outro lado do carvão: a problemática ambiental.

1.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem por objetivo geral analisar a complementaridade da geração de energia decorrente do carvão mineral dentro da Matriz Energética brasileira, apontando suas peculiaridades e implicações.

1.2 Objetivos Específicos

- a) Evidenciar as peculiaridades do mercado da energia elétrica, apresentando elementos teóricos que permitam analisar a estrutura de mercado do setor usando a Teoria Microeconômica, além das abordagens da Economia do Meio Ambiente, para entender a geração de externalidades em um contexto de sustentabilidade;
- b) Compreender a estrutura energética do Brasil do período 2000-2014, bem como sua consolidação. Para tanto, faz-se necessário um resgate histórico do que aconteceu no setor elétrico desde sua criação para uma melhor compreensão da estrutura de governança e configuração atual,
- c) Compreender as particularidades da oferta de energia advinda do uso do carvão mineral. Demonstrar a participação do carvão dentro do Sistema Interligado Nacional, considerando as externalidades geradas em sua produção.

1.3 Justificativa

No presente estudo, busca-se compreender a estrutura do setor energético brasileiro do ano 2000 ao ano 2014 analisando a Matriz Energética, entender a história do setor elétrico para perceber a maneira atual de funcionamento do mesmo, e avaliar a participação do carvão mineral como um potencial complemento dentro Sistema Interligado Nacional, evidenciando os aspectos tanto negativos quanto positivos do uso do mesmo. Faz-se importante entender tais aspectos para que medidas de planejamento e de conscientização sejam tomadas na sociedade.

De nada adianta, por um lado, defender o uso de um recurso mineral sem avaliar os efeitos que este traz para a sociedade como um todo. Assim, procura-se analisar se o carvão mineral tem mesmo condições de oferecer energia considerada segura pra o Brasil, mesmo que as externalidades de seu uso possam ser mitigadas.

1.4 Metodologia

Com base no levantamento de dados e informações acerca da trajetória da oferta de energia interna do Brasil, procura-se fazer uma análise da Matriz Energética nacional a fim de conhecer os problemas e eventos que levaram o país a optar por uma matriz diversificada, porém ainda fortemente amparada pelo sistema hidroelétrico.

De tal maneira, no capítulo dois, analisar-se-á a estrutura de mercado do setor elétrico e suas especificidades, dando ênfase ao resgate histórico a fim de compreender as teorias econômicas acerca dos mercados e das configurações ambientais da atualidade, além das peculiaridades da oferta de energia elétrica no país. Assim, utilizou-se as seguintes fontes: Carvalho (2009), Chaves e Rodrigues (2006), Fernandez (2011), Harris e Roach (2013), Lima (2006), Martins (2002), May (2003), Montibeller-Filho (2008), Mueller (2007), Rosenberg (2006) e Varian (2006).

No capítulo 3 busca-se compreender o processo de geração de energia elétrica no Brasil, fazendo um levantamento das informações históricas para entender como se chega na atual configuração utilizando como fonte de dados ABRADÉE (2015), ANEEL (2015), Araújo e Oliveira (2003), Baer e McDonald (1997), Costa e Prates (2005), Ellery Filho (2001), Freitas (2011), Lorenzo (2002), Oliveira et

al. (2012), Pinto (2004), Theis (1996) e Tolmasquim (2012), além de séries temporais divulgadas pela Empresa de Pesquisa Energética de dados acerca da produção de energia elétrica no Brasil no período de 2000-2014, a fim de demonstrar a participação das fontes renováveis e não renováveis na composição da Matriz Energética. Utilizou-se, também, o método analítico como método técnico de investigação, já que é “uma síntese das observações, ou seja, a complementação de um estudo analítico com a utilização de critérios de síntese” (MUNHOZ, 1989, p. 21).

No último capítulo, a análise da geração de energia decorrente do carvão mineral baseia-se em dados do setor dos anos 2000 à atualidade, fazendo uso do método dinâmico já que a Matriz Energética sofre alterações ao longo do tempo. Analisam-se dados de anos passados para compreender sua trajetória no tempo, conforme Munhoz (1989), bem como os fatos correntes de maneira a compreender de maneira mais técnica o que acarreta à sociedade um uso menor de energia elétrica advinda de recursos não renováveis. Como referencial teórico de apoio fez-se uso de ABCM (2015), ABRADÉE (2015), Carvalho (2009), Chaves (2008), Costa e Prates (2011), Cobre e Ribeiro (2011), Franco (2006), Gavronski (2007), Malinski (2014), Procen (2013), Rhode (2013) e Theis (1996). As tabelas e figuras apresentadas foram elaboradas com dados disponibilizados virtualmente pela Empresa de Pesquisa Elétrica (Balanços Energéticos Nacionais de diversos anos, além de séries temporais acerca da geração de energia) e pelo banco de dados do carvão, o Mineral Data.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Tanto no Brasil, quanto no cenário internacional, análises da produção de energia são intensificadas para que se compreenda como se dá o funcionamento deste mercado.

O setor elétrico brasileiro possui características peculiares de mercado, sendo necessário abrir mão de pressupostos básicos da Teoria Clássica econômica. Leva-se em consideração que existem dois lados de uma mesma moeda e duas maneiras de abordar os problemas das externalidades: a Economia Ambiental e a Economia Ecológica.

Na primeira seção, faz-se uma caracterização da estrutura de mercado do setor elétrico a fim de compreender suas peculiaridades. Da mesma maneira, a questão das externalidades vem à tona trazendo junto as implicações destas para a questão da sustentabilidade, para então compreender as vertentes da economia que tratam do meio ambiente.

2.1 Caracterização e análise da estrutura de mercado do setor elétrico

A análise econômica neoclássica, a partir de suas condições e hipóteses, demonstra que “o funcionamento de mercados livres conduz a alocações eficientes de recursos na economia” (MUELLER, 2007, p. 240). Tal análise, ainda conforme Mueller (2007), apresenta algumas condições para uma alocação eficiente, tais como: i) a existência de mercados para todos os bens e serviços; ii) o funcionamento de todos os mercados em regime de concorrência perfeita; iii) a disponibilidade de informações perfeitas para todos os agentes econômicos sobre o funcionamento dos mercados; iv) a regulamentação dos direitos de propriedade, e v) a não existência de externalidade, onde a satisfação de um agente não pode ser afetada pelo consumo de outro agente. Porém, sabe-se que isto difere do que ocorre na realidade. Os mercados não são perfeitos e é muito difícil que a ação de um indivíduo deixe de afetar o consumo e a produção de outros agentes. O comportamento da economia quase sempre gera efeitos externos. Assim, ocorre também no setor elétrico.

No caso do setor elétrico ocorre que as empresas têm custos fixos muito altos, porém os custos de produzir uma unidade a mais são baixos. A tecnologia necessária para instalar uma Usina de geração de energia e construção de rede elétrica para condução e distribuição de energia possui custo alto, mas depois de toda a rede instalada, o custo marginal, ou seja, o custo em produzir uma unidade extra, é pequeno. Tal funcionamento configura uma situação de Monopólio Natural e o mesmo ocorre em grande parte dos serviços de utilidade pública. (VARIAN, 2006)

Além da configuração de monopólio natural, o processo de geração deixa resíduos, de maneira que a ação das empresas geradoras de energia acarreta em custos a outros agentes econômicos. O nível de satisfação de um agente não será determinado somente pelo consumo de bens e serviços dele, bem como o nível de produção de uma empresa não será determinado apenas pela produção dela mesma. Quando as decisões sobre produzir e/ou consumir de um indivíduo afetarem os níveis de utilidade ou produção de um ou mais agentes, mesmo que de maneira não intencional, e não houver uma compensação feita por este indivíduo aos outros, há o que chamamos de externalidade (MUELLER, 2007, p. 242).

A indústria de energia elétrica é composta por geradores instalados pelo país e pelas linhas de transmissão e distribuição de energia. O sistema é eletricamente conectado, exigindo um equilíbrio entre o que é produzido e o que é ofertado e os agentes que constituem este segmento são os que produzem, transportam ou comercializam a energia elétrica.

O setor elétrico, pela ótica da produção, opera com grandes custos fixos, já que os custos de instalação e manutenção de usinas de geração de energia e da rede elétrica são elevados. Entretanto, o custo acarretado à decisão de produzir uma unidade a mais de energia, isto é, o custo marginal, é baixo. E quando um mercado tem custos fixos altos e custos marginais pequenos, é caracterizada a situação de monopólio natural (VARIAN, 2006, p. 468).

Ainda quanto à cadeia produtiva, é possível afirmar que o nível de intervenção do Estado varia conforme o modelo adotado, “podendo este atuar diretamente na atividade econômica, exercer o planejamento do setor, ou, simplesmente deixar para a livre iniciativa dos agentes econômicos privados a tarefa de prover os serviços de eletricidade” (LIMA, 2006, p. 10). O mercado de atuação do setor elétrico possui uma

demanda alta, porém o número de empresas ofertantes de energia elétrica é reduzido.

No tocante à procura de energia elétrica, neste mercado a demanda é considerada inelástica, ou seja, não é sensível ao preço, tornando as implicações de uma insuficiência de oferta bastante grave. Quando o preço da energia elétrica aumenta, não diminui a procura e isto configura maior poder de monopólio para um número pequeno de produtores, de maneira que estes acabam impondo preços bem acima de seus custos de produção sabendo que a eletricidade é considerada importante para um grande número de pessoas. Desta maneira, Lima (2006), destaca que:

Um preço alto é uma possibilidade sempre presente no mercado de eletricidade. [...] No caso da energia elétrica, a ideia de que o lucro seja um sinal insuficiente para garantir os investimentos não se confirmou na prática. Para as empresas, a restrição da oferta pode ser uma alternativa para influir no preço. (LIMA, 2006, p. 11)

Têm-se, então, ainda conforme Lima (2006) um conflito onde se espera maiores investimentos por parte das empresas (para terem como consequência uma maior lucratividade), porém é possível aumentar o lucro sem alterar a produção, já que em períodos de escassez a tendência é de que o preço aumente face uma não sensibilidade a esse preço por parte da demanda.

2.2 Externalidades x Sustentabilidade na produção de energia elétrica

A partir da configuração do mercado, mais especificamente dos resíduos externos à produção e ao consumo, são geradas as externalidades dentro de um mundo onde se preza cada vez mais pela sustentabilidade. Até meados da década de 1960, a teoria econômica neoclássica não computava as externalidades ambientais em suas análises, de maneira que o processo de produção era “representado como que podendo contar com fontes inesgotáveis de recursos materiais e de energia; todos os insumos eram convertidos, não sobrando resíduos; e no ato do consumo tudo desapareceria” (MONTIBELLER-FILHO, 2008, p. 92).

A partir da década de 1960, o papel do desenvolvimento econômico se tornou mais relevante no âmbito da sociedade mundial, principalmente porque é nessa

época onde a escassez dos recursos ambientais parece se mostrar um perigo iminente em um futuro não tão distante. Há então, conforme Montibeller-Filho (2008), uma pressão sobre as atividades econômicas capaz de gerar uma consciência ecológica efetiva na sociedade.

A externalidade, a ação de um agente econômico que reflete nas decisões e no bem-estar de outros agentes, é considerada uma falha de mercado, podendo ser tanto positiva quanto negativa e sua principal característica é o fato de existirem bens com os quais a sociedade se importa e que não são vendidos no mercado. No setor elétrico, por exemplo, o processo de geração de energia gera um resíduo - a poluição - que é uma externalidade negativa, em um meio onde as pessoas se importam com a qualidade de vida. Este processo é verificado principalmente na geração de energia térmica, decorrente do uso de combustíveis fósseis. Não há mercado para isso e, segundo Varian (2006, p. 671), “é a falta desses mercados para externalidades que causa problemas”.

O conceito que serve de base para a economia neoclássica que advém de questões relacionadas à problemática do meio ambiente, o conceito de externalidades, foi criado entre as décadas de 1920 e 1930 pelo economista inglês Arthur Cecil Pigou, segundo Montibeller-Filho (2008), a fim de arranjar uma maneira de neutralizar algumas falhas produzidas pelo mercado. Foi proposto um método pelo qual falhas produzidas pelo funcionamento dos mercados fossem corrigidas ou compensadas.

Existem duas categorias de externalidades: as oriundas do consumo e as da produção (MUELLER, 2007). Um exemplo de externalidade no consumo é quando um agente gera custos, sejam em valores monetários ou não, e outro agente é quem arca com o custo. Já quando há um elemento que não depende diretamente do nível de atividade de quem produz e sim é um resultado externo da atividade exercida por outro agente econômico, têm-se uma externalidade na produção.

Diferente da conceituação de externalidade, a sustentabilidade possui caráter dinâmico. Segundo Chaves e Rodrigues (2006), é um processo de construção que leva em conta as necessidades atuais e futuras em que se estuda ações de desenvolvimento - social e econômico - numa perspectiva de simbiose com a natureza.

A sustentabilidade abraça a ideia de que a capacidade-suporte do meio ambiente esteja intrinsecamente relacionada ao crescimento econômico e ao desenvolvimento humano, gerando uma integração harmoniosa do desenvolvimento social à natureza (MARTINS, 2002). Ignacy Sachs, um dos principais estudiosos do tema, apontou no ano de 2000 cinco dimensões da sustentabilidade que devem ser consideradas de forma simultânea: A Sustentabilidade Social, a Sustentabilidade Econômica, a Sustentabilidade Ecológica, a Sustentabilidade Geográfica e a Sustentabilidade Cultural.

A primeira dimensão é a da Sustentabilidade Social. Aqui estão inseridas as propostas de desenvolvimento que garantam um crescimento econômico estável, com rendas distribuídas de maneira equitativa para que melhoras ocorram na sociedade. A segunda dimensão é a da Sustentabilidade Econômica que só será possível quando houver um fluxo constante de inversões públicas e privadas, além da alocação eficiente dos recursos naturais do planeta. A Sustentabilidade Ecológica é a dimensão que crê na capacidade de expansão de uso dos recursos naturais com um nível menor de impactos ambientais, defendendo a redução do volume de substâncias tóxicas e poluentes a partir de políticas que visem a conservação da energia e dos recursos.

A Sustentabilidade Geográfica, a quarta dimensão, aponta que a maioria dos desastres ambientais tem sua causa na má distribuição espacial, por exemplo, há em áreas metropolitanas uma concentração excessiva de poluição que gera a destruição de ecossistemas frágeis de importância fundamental para a manutenção da vida. O foco aqui é buscar uma configuração nova e mais equilibrada para a questão rural-urbano. A quinta e última dimensão é a Sustentabilidade Cultural, onde se prega por uma nova maneira de pensar o processo de modernização de forma endógena, trabalhando as mudanças de maneira sincronizada com a cultura vivida em cada período específico. (SACHS, 2002, p. 475 apud CHAVES; RODRIGUES, 2006, p. 107)

A sustentabilidade, em seu sentido mais amplo, pode ser compreendida, então, como a gama de ações que possam se manter e se repetir indefinidamente nas mesmas condições, de acordo com Carvalho (2009). Dentro da significância de sustentabilidade, as fontes de geração de energia consideradas renováveis são as que, de maneira direta ou indireta, “constituem fundos alimentados pelo fluxo solar”

(CARVALHO, 2009, p. 41). Assim, os combustíveis fósseis, que foram formados há centenas de milhões de anos, derivando de vários processos fotossintéticos, não se enquadram na classificação de energia renovável.

As formas de desenvolvimento econômico sustentável que preservam ao invés de degradar o ambiente incluem, conforme Harris e Roach (2013) o uso de energias renováveis, agricultura orgânica e tecnologias de conservação de recursos. Mas, antes de qualquer medida, faz-se necessário entender a relação entre os sistemas econômicos e os recursos naturais e ambientais. As externalidades quando são negativas e de poluição vão à contramão da sustentabilidade. Para tanto, a economia estuda o meio ambiente para arranjar uma solução viável para esta dicotomia, tanto é que o surgimento do conceito de sustentabilidade está na base do estudo da Economia Ecológica, de maneira que esta é definida por alguns teóricos do assunto como sendo a ciência da gestão da sustentabilidade (HAUWERMEIREN, 1998, p. 7 apud FERNANDEZ, 2011, p. 110)

2.3 A Economia do Meio Ambiente

As externalidades estão presentes nas duas principais linhas do pensamento econômico quando o meio ambiente está em pauta: a primeira é a Economia Neoclássica Ambiental e a segunda a Economia Ecológica.

A primeira abordagem, ou tradicional, usa um conjunto de modelos e técnicas enraizadas dentro do pensamento econômico da corrente principal neoclássica padrão para aplicar conceitos econômicos para o ambiente. A segunda abordagem, conhecida como economia ecológica, toma uma perspectiva diferente. Ao invés de aplicar os conceitos econômicos ao ambiente, a economia ecológica busca colocar a atividade econômica no contexto dos sistemas biológicos e físicos que suportam a vida, incluindo todas as atividades humanas (HARRIS; ROACH, 2013, p. 5).

A abordagem tradicional, a Economia Ambiental, trata, segundo Harris e Roach (2013), da alocação de recursos não-renováveis ao longo do tempo, além de tratar de questões indo desde a sobrepesca à depleção dos combustíveis fósseis para constituir estudos e análises que possam servir de guia para os tomadores de decisões ambientais.

Na Economia Neoclássica Ambiental, trabalha-se com a valoração monetária dos bens e serviços ambientais de maneira a “internalizar” as externalidades, isto é, parte-se do pressuposto de que todo recurso natural pode ser valorado monetariamente. É possível estabelecer um valor para aquilo que o mercado não considera para que o uso exploratório de recursos exauríveis seja interrompido. Acredita-se que de tal maneira seja possível que o sistema de preços do mercado seja capaz de internalizar as externalidades negativas (MAY, 2003; e Montibeller-Filho, 2008).

Há a necessidade de que medidas e políticas sejam implantadas, na Economia Ambiental, a fim de promover essa internalização das externalidades da poluição “no sentido de fazer com que o agente que provoca a poluição arque com os custos que a ela impõe sobre os indivíduos e sobre outras empresas” (MUELLER, 2007, p. 244). Apenas sob esta condição a economia estaria próxima a uma situação de eficiência.

O pressuposto principal da Economia Ecológica é o de que é necessária uma visão sistêmica para demarcar o objeto de estudo e assim conseguir conciliá-lo em todas as esferas de inter-relações possíveis. Além da visão sistêmica, é defendido pelos teóricos desta corrente que se faz necessário o equilíbrio dentro das interações, sejam elas humanas e/ou ambientais. É o equilíbrio que garante o funcionamento do sistema, conforme Montibeller-Filho (2008).

Na Economia Ecológica o nível de produção depende das possibilidades de troca e essas trocas são limitadas quando se trata de meio ambiente, já que, analisando pelo lado da oferta, esse nível de produção vai depender de quatro fatores: nível de capital, nível de trabalho, nível de tecnologia e nível de recursos naturais (MAY, 2003). É justamente neste último onde se encontra o cerne da limitação das possibilidades de troca. A evolução e o crescimento são resultados de desequilíbrios e o progresso técnico vai trazer, além de desequilíbrios, também modificações nas relações de produção.

Um princípio fundamental da Economia Ecológica, segundo Harris e Roach (2013) é que a limitação da atividade econômica será dada pela capacidade de suporte do ambiente, definida como o nível de atividades de consumo e de população que a base de recursos naturais disponível pode suportar sem seu esgotamento. Esta classificação é válida tanto para o consumo animal quanto para o

humano, mas, ao passo que, por exemplo, um bando de animais pastando excede certo tamanho, o pastoreio há de diminuir a quantia de alimentos ofertada, acarretando um declínio da população, quando a questão passa a ser a população humana a análise torna-se mais complexa, ou seja, para Harris; Roach (2013):

A questão de oferta de alimento é certamente relevante enquanto a população mundial, mais de 6 bilhões por volta de 2000, cresce na direção projetada de 8 a 10 bilhões. Mas os economistas ambientais também apontam a oferta de energia, recursos naturais escassos, e danos ambientais cumulativos como restrições ao crescimento econômico. Defendem que a teoria padrão dá pesos insuficientes a esses fatores, e que mudanças estruturais importantes na natureza da atividade econômica são requeridas para se adaptar aos limites do ambiente. (HARRIS; ROACH, 2013, p. 6)

Apesar da divergência de pensamento, tanto na Economia Ambiental, quanto na Ecológica, a preocupação dos economistas é a mesma: a sustentabilidade. Ambas buscam analisar e criar critérios para averiguar se a sociedade realmente está desenvolvendo de maneira sustentável ou está apenas preocupada com o capital. As duas correntes também compreendem que o uso de recursos naturais gera emprego e renda e procuram compreender os limites deste processo, mas questionam se isto está ocorrendo da melhor maneira.

2.4 A Tecnologia como forma de reduzir os efeitos das externalidades

A industrialização tem como uma característica central o uso de quantidades cada vez maiores de energia. Desde a Revolução Industrial percebe-se uma intensificação do uso de técnicas para a exploração de novas fontes de energia, conforme Rosenberg (2006), seja no uso doméstico ou industrial:

A difusão da industrialização durante os últimos cento e poucos anos teve como seu núcleo central o domínio de uma sequência de tecnologias baseada numa sucessão de combustíveis fósseis – carvão, petróleo, gás natural – e, no século XX, na conversão de combustíveis e da energia hidráulica numa nova fonte de energia, a eletricidade. (ROSENBERG, 2006, p. 131)

A história da eletricidade mostra uma busca contínua por uma fonte de energia mais barata além de ter características economicamente desejáveis, com reduções de custos e melhores oportunidades de produção (ROSENBERG, 2006).

Levando em conta que a tecnologia seja uma lista de planos factíveis de produção, ela pode apresentar características distintas no curto e no longo prazo, conforme Varian (2006). Se uma empresa do setor elétrico tem por objetivo aumentar sua produção através de uma nova tecnologia, é preciso perceber que no curto prazo esta empresa terá alguns fatores de produção fixos, porém no longo prazo todos os fatores serão variáveis. Ou seja, investimentos nessa área provavelmente não apresentarão efeitos em um curto período de tempo.

Quando uma empresa que possui alto nível de poluição aumenta sua produção, aumentará também os custos externos que provoca. Tomemos por exemplo uma empresa que gera fumaça no seu processo de produção. Nesta situação, as funções de produção da empresa incluem a fumaça como um insumo do processo produtivo, de maneira que, *ceteris paribus*, “mais fumaça permite mais produção, e outros fatores (por exemplo, equipamentos de filtragem das emissões) podem substituir a fumaça na produção” (MUELLER, 2007, p. 233).

Na situação acima referida, a principal conclusão a que se chega é a de que uma solução eficiente do ponto de vista de Pareto, ou seja, onde não é mais possível melhorar a situação de um agente econômico sem que isto provoque uma piora na situação de outro agente, não pode ser alcançada através de maneira automática pelos mercados competitivos, já que a raiz do problema estaria justamente no caráter de bem público da fumaça. Assim, “a externalidade de fumaça [...] é um exemplo de bem público – um bem que tem de ser fornecido na mesma quantidade para todos os consumidores envolvidos” (VARIAN, 2006, p. 720), onde a quantidade de fumaça a ser fornecida será a mesma, devendo todos os agentes consumir a mesma quantidade, mesmo que lhe atribuam valores diferentes.

Outro problema quanto à poluição causada pela fumaça é de que a emissão desta nada custa às empresas. As empresas, agindo de maneira racional, são levadas a poluir em excesso, impondo aos indivíduos um consumo excessivo de poluição. Uma solução poderia ser dada através dos mecanismos do mercado precificando a fumaça a um nível de equilíbrio competitivo, desta maneira a poluição não estaria excedendo o seu nível ótimo e é “a inexistência de preços pelo uso da

capacidade de assimilação da poluição que leva a uma excessiva degradação ambiental em economia de mercado” (MUELLER, 2007. p. 236).

Os bens públicos fazem parte de tipo particular de externalidade de consumo:

Toda pessoa é obrigada a consumir a mesma quantidade do bem. Eles são um tipo especialmente perturbador de externalidade porque as soluções de mercado que os economistas gostam tanto não funcionam bem na alocação de bens públicos. As pessoas não podem comprar quantidades diferentes de defesa pública, têm de decidir, de alguma forma, por uma quantidade comum. (VARIAN, 2007, p. 721)

Na história da eletricidade desponta-se uma busca contínua por parte das empresas, “não apenas da fonte mais barata de energia, mas de uma forma de energia dotada de certas características economicamente desejáveis. A forma na qual a energia se encontra disponível pode ser traduzida em reduções de custo palpáveis” (ROSENBERG, 2006, p. 150).

Existem várias maneiras de gerar energia elétrica, “mas constitui um fato fundamental que, em nossa atual civilização industrial, numerosas tecnologias dependem da eletricidade e não existem atualmente substitutos semelhantes para muitas dessas tecnologias” (ROSENBERG, 2006, p. 151).

3 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Observando a economia mundial, com o passar dos séculos, torna-se evidente uma crescente dependência da energia elétrica para que se alcance o patamar do desenvolvimento econômico. Não é de hoje que a maioria dos países investem quantias expressivas no setor elétrico a fim de se tornarem autossuficientes em sua produção para então reduzir custos e maximizar lucros.

O Brasil possui uma vantagem considerável em comparação a outros países: a abundância de recursos passíveis de serem transformados em energia elétrica. Classificá-lo como “potência energética e ambiental mundial nos dias de hoje não é exagero” (TOLMASQUIM, 2012, p. 1). Apesar de possuir os insumos pertinentes à produção de energia elétrica para uso industrial e doméstico, o setor enfrenta crises recorrentes.

Apresenta-se, neste capítulo a história da produção de energia elétrica no Brasil para evidenciar a evolução de um setor que já passou por diversas crises, além de compreender a atual estrutura para que seja possível analisar a configuração da Matriz Energética no período 2000-2014.

3.1 Histórico da produção de energia elétrica no país

Desde 1880-1900 há registros sobre a eletricidade introduzida no Brasil através de pequenas empresas privadas “que forneciam energia para a iluminação de locais públicos e para diversos tipos de atividades econômicas (mineração, pequenas empresas de manufatura e processamento/beneficiamento de determinados produtos agrícolas)” (BAER; McDONALD, 1997, p.7), sendo em sua maioria de origem térmica.

O desenvolvimento da economia cafeeira, até fins da década de 1930, pode ser considerado o precursor da consolidação do setor elétrico no Brasil. O transbordamento do capital cafeeiro possibilitou investimento em diversos setores como o ferroviário, industrial e o elétrico. Segundo Lorenzo (2002), as concessionárias estrangeiras foram responsáveis pelo desenvolvimento inicial da

indústria elétrica brasileira a partir de dois principais grupos: a Brazilian Traction, Light and Power C. Ltda. e a American Share Foreign Power Company – AMFORP, filial da americana Bond and Share, ambas contando com lucros elevados.

Em 1934 é promulgado o Código de Águas, trazendo mudanças significativas para o setor elétrico. “[...] O Código de Águas trouxe mudanças fundamentais na legislação sobre o aproveitamento de recursos hídricos” (LORENZO, 2002, p. 4), evidenciando o melhor aproveitamento dos cursos das águas e fazendo com que os lucros das concessionárias estrangeiras de energia elétrica fossem fixados em até 10% do valor do investimento. Assim, as concessionárias reduzem sua capacidade de fornecimento e, com o aumento da capacidade industrial, surge um debate para propor alternativas para o enfrentamento de problemas de insuficiência de oferta energética. O aumento populacional só agravou o problema, fazendo com que a demanda aumentasse tanto quanto a incerteza acerca da eficiência energética do país.

Ainda segundo Lorenzo (2002), houve um impasse formado, por um lado, pelo governo, que não tinha capital, tecnologia nem capacidade de suprir a demanda crescente, e por outro, pelas empresas estrangeiras, que não conseguiam obter melhores tarifas dado o cenário de incerteza política instalado no governo. A solução, então, seria canalizar a produção de energia nas mãos do Estado e então surgem, na década de 1940, as primeiras estatizações do setor elétrico.

O período das décadas de 1920-1950, na análise de Araújo e Oliveira (2003), ficou caracterizado por mudanças profundas na economia brasileira. Novas indústrias surgiram e alteraram as estruturas do consumo energético do país, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, provocando pressões no aparelho energético produtivo já precário.

Um problema enfrentado no período pós Segunda Guerra Mundial, de 1944 a 1955, foi que, para aumentar a energia, era necessário mais recursos financeiros. O Estado não estava em condições de arcar com os custos e se fazia necessário o capital internacional:

[...] o desenvolvimento industrial do Brasil tinha que fazer uma transição direta da lenha para o petróleo e eletricidade, e a construção deste sistema energético moderno esbarrava na incapacidade do capital privado nacional de mobilizar volumosos recursos financeiros necessários a empreendimentos de longa maturação e risco elevado, como é o caso do setor energético. Só o capital internacional ou o Estado estavam em

condições de promover aqueles investimentos (ARAUJO; OLIVEIRA, 2003, p. 628).

O Estado só pode tomar para si a responsabilidade da geração de energia quando o cenário internacional foi favorável à obtenção de empréstimos (devido ao grande fluxo de recursos disponíveis no mercado financeiro internacional), possibilitando obras de infraestrutura de grande expressão. O efeito disso foi “a acelerada expansão do sistema elétrico nacional, que trouxe importantes efeitos multiplicadores por toda a economia, como a elevação da demanda para as indústrias de bens intermediários, a construção civil e as indústrias de bens de capital” (LORENZO, 2002, p. 10), configurando um crescimento da economia de 12% ao ano, na média, entre 1967 e 1973.

Teria ocorrido no Brasil a partir da década de 1960, porém, para Baer e McDonald (1997), o início do processo percebido hoje caracterizado por um planejamento da interligação do sistema energético para gerar uma maior articulação e entrosamento entre os serviços ofertados pelas companhias estatais, processo este que foi fortemente favorecido com a criação da Eletrobras¹ no ano de 1962. Ainda conforme estes autores, durante o período de 1980-1996, enquanto o setor elétrico foi de propriedade exclusiva do governo, a capacidade instalada de energia elétrica no país saltou de 42860 MW, em 1984, para 52741 MW em 1993.

Na década de 1970, com os dois Choques do Petróleo² (o primeiro em 1973 e o segundo em 1979), o fornecimento mundial de petróleo caiu e os países viram, então, a necessidade de adotar estratégias diferenciadas para superar os choques. Assim, de acordo com Costa e Prates (2005), as principais medidas tomadas pelos países foram: a mudança de hábitos dos consumidores, o progresso técnico pelo lado da demanda a fim de proporcionar melhoria da eficiência energética, inovação

¹ A criação da Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras) foi proposta em 1954 pelo então presidente Getúlio Vargas. Conforme histórico disponível no site da Eletrobras: “o projeto enfrentou grande oposição e só foi aprovado após sete anos de tramitação no Congresso Nacional. Em 25 de abril de 1961, o presidente Jânio Quadros assinou a Lei 3.890-A, autorizando a União a construir a Eletrobras. A instalação da empresa ocorreu oficialmente no dia 11 de junho de 1962 [...]. A Eletrobras recebeu a atribuição de promover estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações destinadas ao suprimento de energia elétrica no país. A nova empresa passou a contribuir decisivamente para a expansão de energia elétrica e o desenvolvimento do país”.

² No ano de 1973 o preço do barril de petróleo subiu de US\$ 3 para US\$12 e em 1979 atingiu a casa de US\$ 32, em valores correntes da época. Desde o início da década de 1970, num contexto de forte consumo e oferta limitada de recursos, já era perceptível o declínio das reservas mundiais de petróleo. (COSTA; PRATES, 2005, p.9)

tecnológica no lado da oferta e, principalmente, a substituição do petróleo por diferentes fontes energéticas. Essa substituição foi “notadamente a energia nuclear nos países industrializados e, no caso do Brasil, a energia hidráulica e o álcool” (COSTA; PRATES, 2005, p. 9). No Brasil grandes obras ocorreram: em 1972, foi instalada a primeira usina nuclear de país, Angra I, e no período de 1975-1982 foi construída a maior usina hidrelétrica em funcionamento no país, a Usina de Itaipu.

Várias das grandes obras foram construídas durante o período do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), de 1975 a 1979. O II PND foi um plano elaborado a partir da percepção por parte das elites políticas do país de que com a crise mundial da época, era possível criar um projeto de crescimento de longo prazo, segundo Pinto (2004).

Naturalmente, diante da ameaça percebida pelos efeitos negativos da elevação dos preços do petróleo no mercado internacional, atenção especial foi dedicada aos aspectos energéticos, com a Petrobras e a Eletrobras passando a ocupar lugar de destaque, assim como o esforço de desenvolvimento de fontes de energia alternativa, tais como o álcool de cana-de-açúcar (PINTO, 2004, p. 54-55).

A partir da década de 1980, a preocupação ambiental surgiu nos debates referentes ao planejamento energético, buscando-se empreendimentos que causassem impactos ambientais menores. No mesmo período, porém, houve redução dos investimentos em pesquisas e estudos referentes a energias renováveis devido à queda nos preços dos barris de petróleo, caracterizando uma menor intervenção do Estado que, segundo Freitas (2011, p. 119) “assumiu a função de agente regulador, o que culminou com a privatização das empresas do setor”.

A década de 1990 foi marcada pelas privatizações que ocorreram no setor elétrico:

Em 1993, a Lei 8631 fez a desqualificação tarifária e anulou as dívidas intra-setoriais; o Tesouro Nacional absorveu a dívida de cerca de 23 bilhões de dólares para sanear o setor. No mesmo ano, um decreto estimulou a formação de consórcios públicos e privados, e outro criou o Sistema Nacional de Transmissão Elétrica (SINTREL) para estimular o livre acesso. Sendo de adesão voluntária, teve o mesmo fim de esquemas similares em outros países – não funcionou. A reforma prosseguiu em 1995, com leis para regulamentar o regime de concessões e estimular o capital privado. No ano seguinte, uma lei criou a ANEEL [...] e foi contratado um consórcio, liderado pela Coopers & Lybrand, para elaborar o novo modelo de funcionamento do setor elétrico (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2003, p. 646).

Ainda na década de 1990, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi criada para servir de agente regulador do setor elétrico. Tinha-se por objetivo

promover a eficiência do setor que até então contava com regulação e fiscalização do Estado para atrair capital privado. A intenção era de privatizar praticamente todo o setor de distribuição de energia para que ocorresse alocação eficiente de recursos. A falta de marcos regulatórios acabou desestimulando o investimento privado, configurando o período que engloba o final da década de 1990 e o início dos anos 2000 como um momento de crise de abastecimento de energia, evidenciando as fragilidades do setor tanto na produção, quanto na distribuição de energia elétrica. (FREITAS, 2011)

No ano de 2004, se deu a implantação do Novo Modelo do Setor Elétrico, visando garantir segurança energética no fornecimento de energia e promoção da modicidade tarifária, além da inserção local. É o modelo atual do setor e a estrutura desse Novo Modelo trouxe mudanças significativas para as empresas, principalmente para as empresas geradoras de energia, de maneira que:

A reforma exigiu a cisão das companhias em geradoras, transmissoras e distribuidoras. As atividades de distribuição e transmissão continuaram totalmente regulamentadas, mas a produção das geradoras passou a ser negociada no mercado livre – ambiente no qual as partes compradora e vendedora acertam entre si as condições mediante contratos bilaterais (URSAIA, et. al, 2012, p. 5).

Ainda no ano de 2004, foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com a finalidade de realizar estudos e pesquisas para fomentar o planejamento no setor energético. A EPE é, desde então, a responsável pela elaboração e publicação do Balanço Energético Nacional (BEN) que tem por objetivo a contabilização relativa à oferta e ao consumo de energia no país. O BEN contempla as atividades de extração primária, sua conversão em formas secundárias, importação e exportação, a distribuição e o uso final da energia. (BEN, 2015, p. 8).

Desta maneira, a preocupação com a oferta não alcançar a crescente demanda por energia e a abundância de recursos existentes faz com que o Brasil adote uma Matriz Energética diversificada, porém na sua totalidade composta pela produção de energia hidrelétrica. Segundo Costa e Prates (2005, p.13), “contrariamente ao que ocorreu no mundo, o Brasil adotou o caminho da promoção de fontes renováveis, uma vez que há abundância desses recursos em território nacional”.

3.2 Caracterização da atual estrutura do setor elétrico brasileiro

Analisando a energia em termos de capacidade calorífica (THEIS, 1996) admite-se três classificações: fontes energéticas convencionais, fontes energéticas não convencionais e fontes energéticas exóticas. As fontes consideradas exóticas são a energia solar, o calor dos oceanos e fusão nuclear. As energéticas não convencionais são as marés, os ventos, as ondas, xisto, a energia geotérmica, a fissão nuclear (e a energia solar também pode ser agrupada nesta categoria). As fontes energéticas convencionais são aquelas mais conhecidas pela sociedade: o petróleo, o gás natural, o carvão, a hidroeletricidade e a biomassa. Todas fazem parte da Matriz Energética³ brasileira.

O setor elétrico brasileiro é caracterizado, conforme avaliação da Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), por uma indústria desverticalizada, com segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição; pela coexistência de empresas públicas e privadas; pela descentralização do planejamento e das operações; pela regulação dos serviços de transmissão e distribuição; pela concorrência no serviço de geração pra novos empreendimentos; pela coexistência de consumidores cativos e livres; pela liberdade de negociação entre geradores, comercializadores e consumidores; pela regulação de leilões para contratação de energia para as distribuidoras; pela separação de preços da energia elétrica de preços do seu transporte; pela distinção de preços para cada área de concessão, e pela regulação de contratos para compartilhamento de ganhos de produtividade nos setores de transmissão e distribuição.

As atividades do setor elétrico são a geração, a transmissão e distribuição da energia até chegar aos consumidores. A geração, ainda conforme a ABRADEE, é o segmento responsável por produzir e injetar a energia elétrica nos sistemas de transporte (fios). O Brasil conta atualmente com 4.048 empreendimentos geradores de energia (ANEEL, 2015), totalizando uma potência instalada de 136.024.077 kW.

O segmento de transmissão de energia é o encarregado pelo transporte de grandes quantias de energia advindas das usinas geradores. A interrupção de linhas

³ A Matriz Energética é o conglomerado de todas as fontes de energia que um país ou região dispõe para ofertar ao mercado. É a representação quantitativa da oferta de todas as fontes de energia, renováveis e não renováveis, que um país, ou determinada região, dispõe para ofertar ao mercado.

transmissoras pode afetar cidades inteiras e até estados. No país, há 77 concessionárias que são responsáveis pela administração e operação de mais de cem mil quilômetros dessas linhas de transmissão. Já o segmento de distribuição é o encarregado de receber grandes quantidades de energia do sistema transmissor e distribuir de maneira pulverizada para que a energia chegue às residências, pequenos comércios e indústrias (ABRADEE).

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), responsável por elaborar políticas e diretrizes setoriais levando em conta os aspectos energéticos, econômicos e ambientais, é um órgão de assessoramento da presidência da República e tem ainda como objetivo a revisão periódica da Matriz Energética do Brasil (OLIVEIRA et. al., 2012). Submetido ao CNPE, o Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE) faz o planejamento setorial, indicando a expansão da geração e determinando a transmissão de energia.

O Ministério de Minas e Energia (MME) é o encarregado pela formulação, planejamento e prática das políticas energéticas. Vinculados a ele estão o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) responsável pelo permanente monitoramento do fornecimento e da segurança da oferta de energia e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), criada em 2004, que é a responsável pelas pesquisas nas áreas de estudo e planejamento do setor energético (OLIVEIRA et al., 2012).

Além do Ministério de Minas e Energia existe a Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL, que é uma autarquia responsável pela regulação e fiscalização com base em diretrizes e políticas setoriais, criada com o intuito de proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento do mercado de energia elétrica, para que este ocorra em equilíbrio entre os agentes e em prol do benefício da sociedade como um todo. Cabe à ANEEL a tarefa de regular a fiscalização, a produção, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica. O responsável pela execução das atividades da ANEEL de controle e operação de geração e transmissão é o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Ele faz a coordenação e supervisão das operações, além de simulações energéticas e avaliações de riscos de déficits (ELLERY FILHO, 2001).

O ONS atua no Sistema Interligado Nacional (SIN) que um sistema complexo, de grande porte, responsável pela produção e transmissão de energia elétrica no Brasil. Além do ONS e do SIN, há ainda a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) que é a viabilizadora da comercialização da energia do SIN e também é a responsável pela compra e venda de energia, incumbida da administração financeira, contábil e operacional, sendo também regularizada pela ANEEL (OLIVEIRA et al., 2012).

No cenário dos negócios, além da CCEE, segundo Ellery Filho (2001), está o Mercado Atacadista de Energia (MAE) que é o ambiente onde ocorrem as operações de compra e venda de energia, os acordos de mercado e os contratos bilaterais conforme regras homologadas pela ANEEL, porém sem a participação dos agentes de transmissão.

Um órgão que teve sua importância aumentada foi a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), criada em 2001, ficou encarregada da gestão da crise energética, elaborando medidas e ações de caráter emergencial para serem acionadas durante períodos de crise no setor elétrico brasileiro para garantir a segurança da oferta de energia. (ELLERY FILHO, 2001)

As prestadoras dos serviços de energia elétrica são, ainda conforme Ellery Filho (2011), as concessionárias. A elas foi passada a missão de manter relacionamento direto com o consumidor e também estão sob a visão da ANEEL.

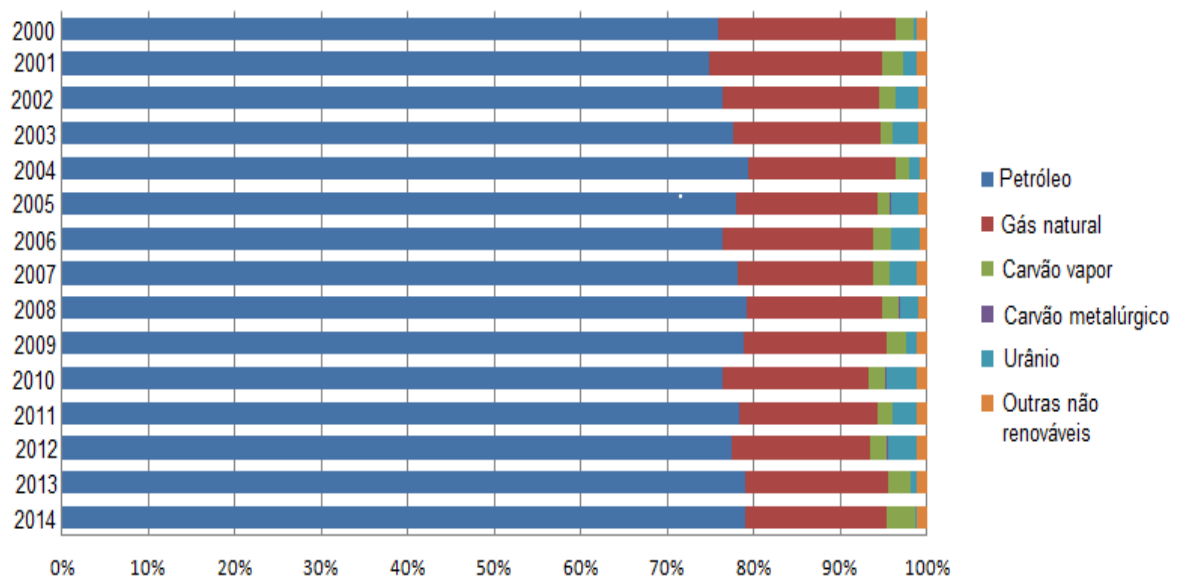
3.3 Configuração da Matriz Energética Brasileira desde 2000

Quando o assunto é matriz energética, o Brasil está passos à frente das estatísticas mundiais por possuir uma matriz diversificada, contando com 43,54% de sua energia proveniente de fontes renováveis⁴, como a energia hidráulica, a eólica e a advinda da biomassa da cana. Conforme dados disponibilizados nos Balanços Energéticos Nacionais (BEN) divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética

⁴ Energia proveniente de fontes renováveis, ou simplesmente energia renovável, é a expressão designada para descrever um conjunto de fontes de energia disponibilizadas pela natureza de forma cíclica. “As fontes renováveis podem ser utilizadas para gerar eletricidade, para gerar calor ou para produzir combustíveis líquidos para o setor de transportes” (COSTA; PRATES, 2005, p.7).

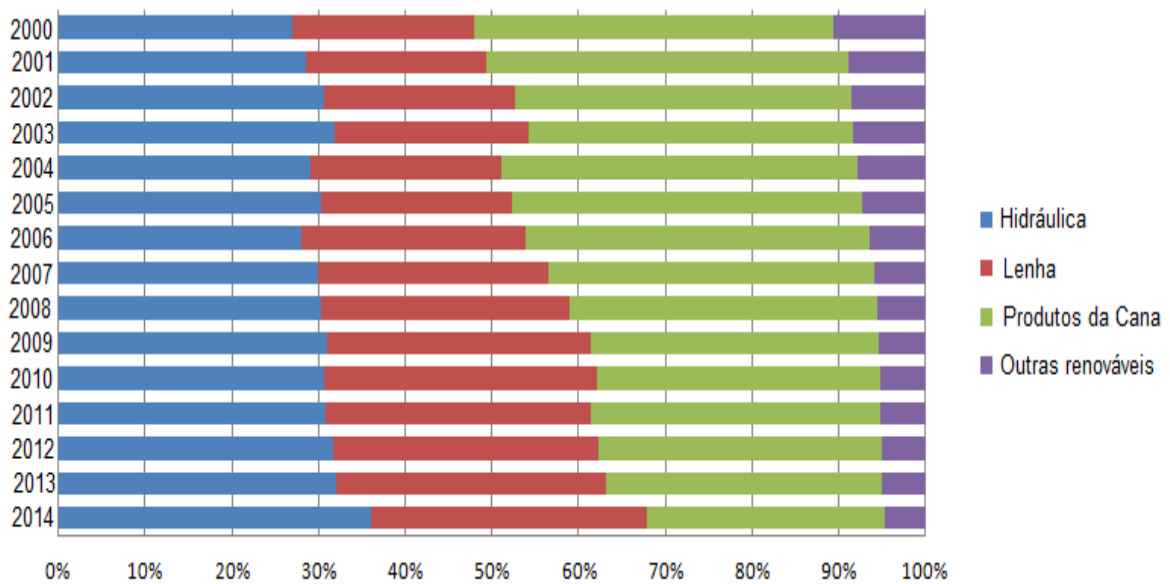
(EPE), órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME) que presta serviços de pesquisa e estudos destinados a subsidiar o planejamento energético nacional, em 2014 a composição da matriz energética brasileira se deu da seguinte maneira:

Figura 1 – Composição da Matriz Energética Brasileira 2000-2014: fontes não renováveis (em 10^3 tep)



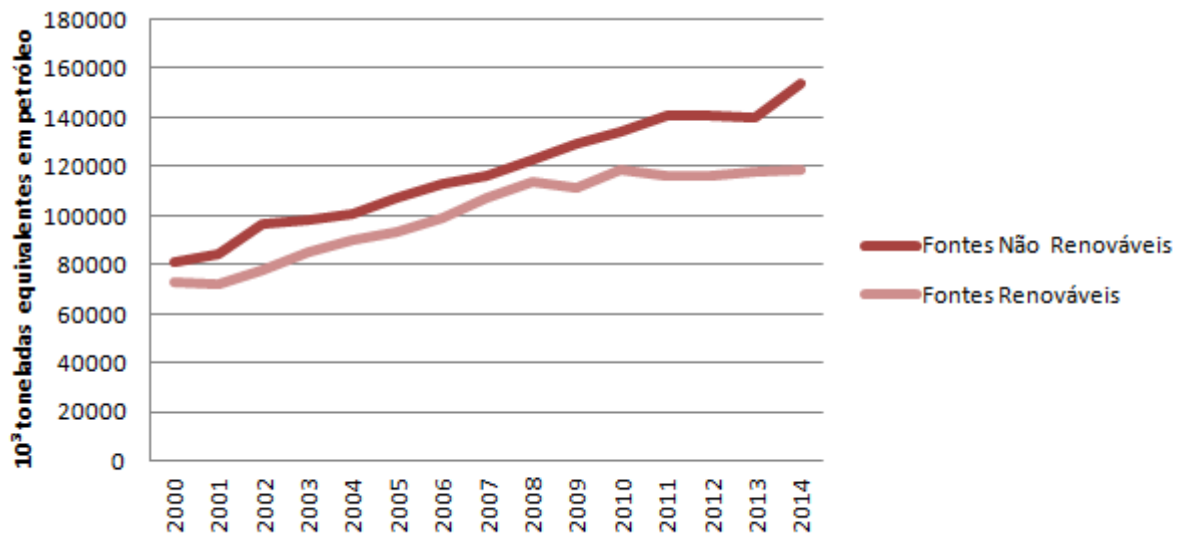
FONTE: elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional de vários anos (MME).

FIGURA 2 – Composição da Matriz Energética Brasileira 2000-2014: fontes renováveis (em 10^3 tep)



FONTE: elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional de vários anos (MME).

FIGURA 3 – Uso de Fontes Renováveis e Não Renováveis no Brasil 2000-2014 (em 10^3 tep)



FONTE: elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional de vários anos (MME).

Dado o percentual de energia hidroelétrica (11,8% da oferta interna total de energia no ano de 2014) nota-se a dependência que o país possui do sistema hidráulico formado nos dias atuais por 1173 usinas hidrelétricas espalhadas em

todas as regiões (496 Micro Usinas Hidrelétricas, 476 Pequenas Centrais Hidrelétricas e 201 Usinas Hidrelétricas de Energia, conforme dados do Relatório de Informações Gerenciais da ANEEL), mesmo que este percentual tenha caído em comparação com o ano de 2013 (13% do total), já que o regime de chuvas foi baixo, reduzindo expressivamente a capacidade de alguns reservatórios. Com fatores climáticos, o Brasil alterna os usos da energia a fim de estabilizar sua oferta. Conforme Figura 3, vê-se uma tendência a aumentar a produção de energia decorrente de fontes não renováveis de energia.

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema responsável pela produção e transmissão de energia elétrica no Brasil. É um sistema de grande porte, com características intrínsecas que o caracterizam como único no cenário mundial: é um sistema hidrotérmico, composto em grande parte por usinas hidrelétricas, além de usinas térmicas a carvão, a gás natural, a gás de processo, a óleo combustível/diesel, a biomassa, além de usinas nucleares e usinas eólicas, todas interligadas em um complexo sistema de transmissão de energia, conforme descrição encontrada no próprio site do SIN.

O órgão responsável pela operação do SIN é o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), com a atribuição principal de administrar os serviços de transmissão na rede básica de energia através de cinco centros de operação espalhados pelo país com o objetivo de coordenar, supervisionar e operar de maneira ininterrupta todos os 305,6 Mtep (milhões de toneladas equivalentes em petróleo) da matriz brasileira do ano de 2014.

Conforme dados extraídos do site do ONS, o SIN é formado por companhias de energia das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte das companhias da região Norte, de maneira que apenas 1,7% da energia ofertada no país estão fora do Sistema Interligado. Este percentual é produzido em pequenos sistemas que se localizam principalmente na Amazônia, os chamados Sistemas Isolados, voltados para atender a demandas específicas e locais.

4 A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO CARVÃO MINERAL E SUAS IMPLICAÇÕES

A geração de energia elétrica se mostra um setor estratégico nos países da atualidade. Com o aumento populacional, entre outros fatores, a demanda por energia tende a aumentar. No Brasil, a adoção de uma Matriz Energética diversificada nem sempre pareceu ser a melhor opção.

A adoção de energias consideradas “limpas”, isto é, energias renováveis, em vários casos não consegue manter um nível estável de produção de energia para que o país ofereça segurança energética tanto para o setor industrial como para o doméstico.

Assim, na primeira seção desde capítulo aborda-se a dependência que o Sistema Interligado Nacional ainda tem dos combustíveis fósseis, provenientes de formas de energia não renováveis. Na segunda seção, apresenta-se o carvão mineral como complemento ao sistema predominantemente hídrico da Matriz Energética brasileira para, na terceira seção, mostrar o lado positivo e o negativo da geração de energia decorrente da queima do carvão mineral,

4.1 A dependência de Combustíveis Fósseis para o Sistema Interligado Nacional

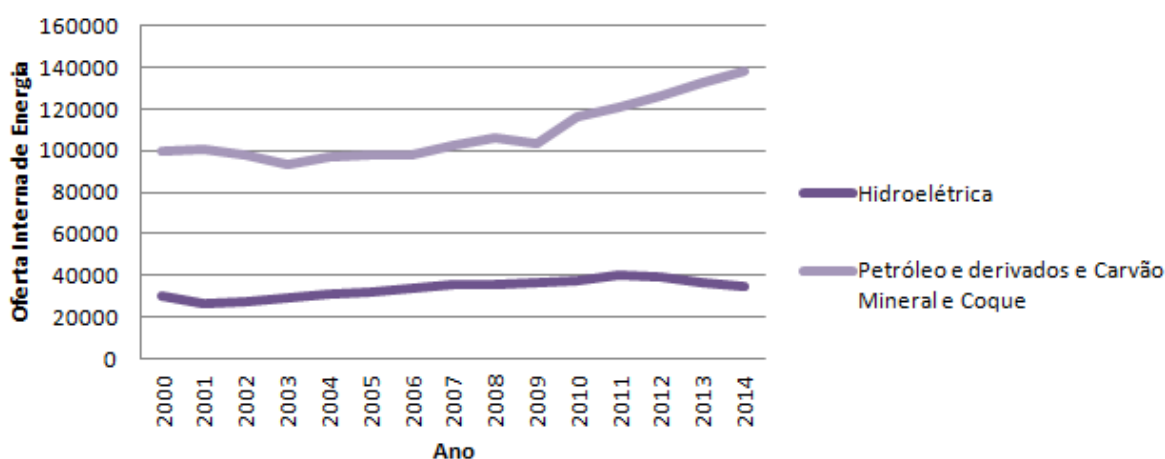
Desde o início da década de 1970, os países procuram estratégias diferenciadas para superar as crises energéticas, assim, o petróleo – até então fonte dominante – passa a ser substituído por outras fontes e a escolha do Brasil, notadamente, foi a energia hidrelétrica (COSTA; PRATES, 2005). Esta mudança impôs um novo padrão de exigências por parte dos consumidores onde estes passam a exigir inovações tecnológicas no lado da produção de energia pra atenuar os efeitos ambientais, bem como pressionam os países para que substitutos à energia dominante sejam encontrados, ainda conforme Costa e Prates (2005).

Quando se adota um modelo de Matriz Energética diversificado, porém fortemente amparado em um único tipo de energia, fica-se exposto ao risco de uma crise energética, seja este tipo de energia renovável ou não renovável. A “energia

hidrelétrica é produto da irradiação solar⁵ e da energia potencial gravitacional manifestadas através do ciclo da água” (COVRE; RIBEIRO, 2011) e, desta maneira estaria sujeita à ação climática.

Para que a força da água, sobretudo dos rios, seja transformada em eletricidade, é preciso que estes rios corram sobre planaltos e possuam volumes adequados para a capacidade de geração de energia demandada. No Brasil, porém, ao passo que estas condições ocorrem, também é preciso ressaltar que o regime dos rios fica sujeito às condições climáticas, bem como às interferências humanas. De tal maneira, em determinados períodos de secas, conforme Malinski (2014), a produção pode diminuir, ocasionando apagões. Para amenizar essas situações o país ainda investe em usinas termoelétricas à base de combustíveis fósseis, principalmente movidas a óleo diesel e a carvão mineral, para serem ativadas durante os períodos de estiagem, porém com custo – ambiental e financeiro – mais elevado. A análise da produção interna de energia para o período (figura 4) mostra que a oferta de energia, em toneladas equivalentes em petróleo, proveniente da hidreletricidade apresenta uma queda, ao passo que a produção interna de carvão mineral e seu derivado, o Coque, e de petróleo e derivados aumentou.

FIGURA 4 – Produção Interna de Energia 2000-2014: Hidroelétrica e Petróleo e Carvão Mineral (em 10³ tep)



FONTE: elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional de vários anos (MME).

⁵ A energia hidráulica é também produzida pela energia solar. O calor do Sol evapora a água dos lagos, rios e oceanos, que condensa, forma nuvens e cai na forma de chuva abastecendo assim os reservatórios das usinas. (COVRE; RIBEIRO, 2011)

O mesmo argumento é defendido por Gavronski (2007, p. 27), já que dadas as oscilações climáticas, “as usinas hidráulicas para operar com maior eficiência necessitam a complementação de usinas termelétricas, que garantem segurança de entrada em operação a qualquer momento” e o mesmo raciocínio é válido para outras fontes de energia que não sejam hidrométricas, mas que também estão sujeitas a oscilações, como as energias provenientes dos ventos e da irradiação solar.

Em um sistema predominantemente hidrométrico, o regime de chuvas⁶ é de suma importância. Uma vez que as condições climáticas não sejam as mais favoráveis, é comum a diminuição do nível de água dos reservatórios, diminuindo, conseqüentemente, o percentual de energia gerada nas usinas hidrelétricas do país. Nos anos de 2012 e 2013, o nível de chuvas foi abaixo do esperado, de maneira que foi preciso intensificar o uso de recursos não renováveis.

A energia elétrica, diferentemente de outros sistemas de redes, não pode ser armazenada de uma forma economicamente viável, de maneira que é preciso haver um equilíbrio constante entre oferta e demanda. Quando há casos de desequilíbrio, mesmo que por frações de minuto, o colapso do sistema se manifesta na forma de “apagões” (ABRADEE, 2015).

Ao longo da trajetória da geração de energia, muitas vezes o Brasil sofreu *blackouts* ocasionados tanto por fatores ambientais, como por falhas e perdas de energia dentro do SIN, além de problemas nos aparelhos de transmissão de energia. Conforme classificação do Programa de Eficiência Energética (PROCEN, 2013) os principais apagões ocorridos no Brasil, além dos sucessivos ocorridos em 2002, foram os abaixo relacionados:

- Em 1985 houve o primeiro grande apagão do país: por problemas ocasionados pela pequena rede de distribuição de energia elétrica, frequentemente as usinas produziam mais energia do que a suportável pelos cabos de alta tensão. A duração aproximada do apagão foi de 3 horas, deixando 9 estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste sem energia elétrica.

⁶ Regime de chuvas é o conjunto de chuvas que alteram o nível das águas e dos rios.

- No mês de Abril de 1998 sete setores da Usina Hidrelétrica de Itaipu foram afetados devido à ação dos ventos alterando o curso das águas. Foram também afetadas duas linhas de transmissão e alguns estados do Sudeste, Sul e Centro-Oeste do país ficaram sem luz;
- 1999: apagão ocorrido em Bauru (SP), que acionou o desligamento das turbinas da Usina de Itaipu. Aproximadamente 76 milhões de pessoas, mais de 60% da população, de 10 estados brasileiros foram afetadas, além do Distrito Federal, do Acre e algumas cidades do Paraguai;
- Nos anos de 2001 e 2002 ocorre uma série de apagões gerados pela falta de chuvas, aliada a investimentos insuficientes feitos no setor em anos anteriores. O país em uma crise de energia no mês de Junho de 2001 e adota como medida para superar a crise um racionamento forte;
- 2005: por falha de um funcionário na subestação de Cachoeira Paulista no estado de São Paulo, mais de 3 milhões de pessoas ficaram sem energia elétrica, já que o sistema entrou em colapso com apenas uma linha de transmissão em funcionamento;
- 2009: mais uma vez Brasil e Paraguai são afetados por problemas na Usina de Itaipu, contabilizando 18 estados atingidos, além do Distrito Federal, deixando às escuras quase 60 milhões de pessoas durante até seis horas. Este apagão é ainda considerado o de maior expressão a nível nacional, e o quinto maior a nível mundial. A ruptura da energia ocorreu no dia 10 de Novembro, ocasionada por, segundo informação do Ministério Público Federal, chuva intensa, ventos fortes e descargas atmosféricas;
- 2011: aproximadamente 33 milhões de pessoas de 7 estados da região Nordeste do país foram afetadas. Foi ocasionado por falha nas linhas de transmissão entre Sobradinho (BA) E Petrolândia (PE) que resultaram no desarmamento da Subestação de Luiz Gonzaga;
- Também em 2011: problemas em um reator de uma linha de transmissão entre Foz do Iguaçu e Ivaiporã, ambas no Paraná. Não se tem dados quanto ao número de pessoas afetadas, mas 11 estados foram atingidos. Neste ano foi contabilizado o recorde de interrupções no fornecimento de energia;

- 2012: 12 estados atingidos e milhões de pessoas diretamente afetadas por uma falha humana sucedida por um erro de procedimento da transmissora de energia na Subestação de Imperatriz (RJ);
- 2012: no mesmo ano também aconteceu um incêndio em um transformador de uma subestação de Furnas, em Foz do Iguaçu (PR) acarretando a interrupção do despacho de cerca de 5000 MW (megawatts) da Usina de Itaipu ao SIN. A nível nacional, 12 estados foram atingidos;
- E ainda em 2012: uma sucessão de erros gerou na Subestação de Colina (TO), deixando 11 estados das regiões Norte e Nordeste aproximadamente 4 horas sem luz. A proteção da subestação havia sido desligada uma semana antes do ocorrido para uma manutenção de rotina e não fora religada. Os testes-padrões também não foram efetuados após a desativação dos sistemas de proteção,
- Em 2013, 27 blecautes ocorrem no país principalmente na região Norte, onde o abastecimento de energia é mais difícil de ser realizado devido às secas e à falta de rios de grande porte.

No Balanço Energético 2015, ano base 2014, foi divulgado que pelo terceiro ano consecutivo houve redução da oferta de energia hidrelétrica por causa de condições hidrográficas desfavoráveis ao longo do período observado. No ano de 2014, o decréscimo foi de 5,6%, explicando o recuo da participação das energias renováveis na Matriz Elétrica. Esta participação era de 84,5% em 2012, vai para 79,3% em 2013 e em 2014 chega a 65,2%, apesar de parque hidrelétrico ter sido incrementado.

O consumo final de energia apresentou um aumento de 2,9% em relação ao ano anterior. Tal aumento foi “suprido a partir da expansão da geração térmica, especialmente das usinas movidas a carvão mineral” (BEN 2015, p. 10) que demonstraram um acréscimo de 24,7%.

Em comparação com a produção de carvão mineral energético, produto próprio do processo de fabrico de energia, é possível enxergar a retomada da produção de carvão – e conseqüentemente de energia térmica – nos períodos mais instáveis da oferta de energia do país. Quando a energia de fontes limpas não pode gerar energia em sua capacidade plena, a oferta de energia é

assegurada pelos combustíveis fósseis, como observado nos dados do Balanço Energético, além disso, a produção de carvão mineral exhibe tendência ascendente (figura 5), mostrando que o país ainda não esgotou sua capacidade produtiva.

FIGURA 5 – Oferta Interna de Energia 2000-2014 (em 10^3 tep): Carvão Mineral e Hidroeletricidade



FONTE: elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional de vários anos (MME) e do Mineral Data, vários anos.

A convergência mundial é de que, com o aumento populacional, o consumo mundial do uso do carvão mineral dobre, de 5,4 bilhões de toneladas consumidas em 2003, para 10,6 bilhões de toneladas no ano de 2030, bem como o consumo deverá crescer cerca de 3% ao ano de 2003 a 2015, “passando então para um crescimento anual de 2,0% ao ano, de 2015 a 2030” (GAVRONSKI, 2007, p. 136).

O principal entrave ao uso dessas energias térmicas não renováveis, como o carvão mineral, é o fator ambiental. Para tanto, desde a Constituição de 1988, ficou determinada ao setor público a responsabilidade de zelo, defesa e preservação do meio ambiente. Gavronski afirma que:

No Brasil, antes de 1988, já havia uma extensa e abrangente legislação ambiental como os códigos florestais, de pesca, caça e mineração, entre outros. Entretanto, foi com a Constituição de 1988 que, efetivamente, começou a existir no país uma consciência nacional de preservação

ambiental. Uma razão importante para isso foi a definição da função institucional do Ministério Público (MP) para a proteção do meio ambiente, e a adoção de independência funcional deste órgão, não o sujeitando a pressões de natureza política ou funcional. (GAVRONSKI, 2007, p. 81).

Portanto, assim também para Carvalho (2009, p. 32) “reconhecer a possibilidade da ocorrência de danos e a necessidade de sua avaliação com base nos conhecimentos já disponíveis é o grande desafio que está diante da comunidade científica mundial”.

4.2 O uso do carvão mineral como complemento ao sistema hidrométrico e a geração de energia térmica através do carvão mineral

Depender de uma fonte de energia nem sempre parece ser a melhor a solução. A escolha de adotar um modelo de Matriz Energética diversificada trouxe ao Brasil uma alternativa para a produção interna de energia e para a estabilidade desta produção, totalizando o número de 4048 empreendimentos no setor (tabela 1) em operação e uma capacidade instalada total de 136.023.077 Kw.

TABELA 1
Usinas de Geração de Energia em operação no Brasil (2015)

<i>Tipo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Potência Instalada (em kW)</i>
Micro Usinas Hidrelétricas	496	326.213
Pequena Central Hidrelétrica	476	4.783.058
Usina Hidrelétrica de Energia	201	84.703.838
Central Geradora Eolielétrica	265	5.832.549
Usina Fotovoltaica	317	15.179
Usina Termelétrica de Energia	2.291	38.372.240
Usina Termonuclear	2	1.990.000
TOTAL	4.048	136.023.077

FONTE: elaboração própria, com dados da ANEEL (2015).

Um dos complementos ao sistema hídrico mais expressivos do Sistema Interligado Nacional (SIN) é o carvão mineral. O carvão mineral é um recurso

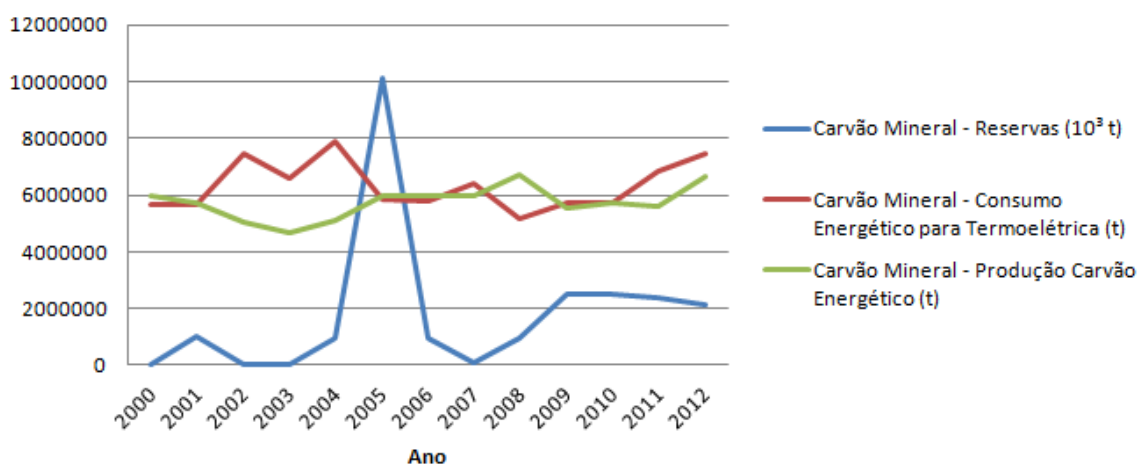
energético e conforme denominação utilizada pela Associação Brasileira do Carvão Mineral (ABCM):

O carvão mineral é um combustível fóssil natural extraído da terra através de processo de mineração. É encontrado em grandes profundidades ou perto da superfície e possui aparência preta ou marrom lisa, macia e quebradiça. O carvão é proveniente de depósitos de restos de plantas e árvores, ou seja, uma vegetação pré-histórica que se acumulou em pântanos sob uma lâmina d'água há milhões de anos. Com o passar do tempo estes depósitos foram cobertos por argilas e areias, ocorrendo um soterramento gradual, que provocou aumento de temperatura e pressão sobre a matéria orgânica depositada. Isto expulsou o oxigênio e o hidrogênio, concentrando o carbono (processo de carbonificação). Existem quatro estágios na formação do carvão mineral: turfa, linhito, carvão (hulha) e antracito [...]. Dos diversos combustíveis produzidos e conservados pela natureza sob a forma fossilizada, acredita-se que o carvão mineral é o mais abundante. (ABCM, 2015)

Há ocorrência de carvão em vários estados do país, como Minas Gerais, São Paulo, Pernambuco, Pará, Amazonas e Acre, porém as reservas de caráter econômico viável de carvão ficam restritas apenas aos estados da região Sul do Brasil: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo este o detentor das maiores reservas. A qualidade do carvão brasileiro, porém, é considerada baixa, já que os teores de cinzas e enxofre são elevados, além do mais, por ser um material heterogêneo, ele possui uma quantidade bastante grande de poros, interface, trincas e capilaridades que costumam estar cheios de água, fazendo com que toda “amostra de carvão tenha uma umidade muito maior do que a de qualquer outra substância mineral, umidade esta que nem sempre é discernível aos nossos sentidos, pois está contida no interior das partículas de carvão e não na sua superfície” (CHAVES, 2008, p. 16).

O estoque de carvão mineral, conforme dados extraídos do Mineral Data, apresentara uma expressiva queda de 2005 para 2006 atingindo um nível considerado baixo de sua produção no ano seguinte. A produção do carvão energético, como fica evidenciada na Figura 6, o carvão propício para uso em usinas termelétricas, apresenta trajetória ascendente, explicitando um provável aumento da produção. Assim, como a produção de carvão energético aumenta, aumenta também o consumo deste na geração de energia elétrica.

FIGURA 6 – As trajetórias dos níveis das reservas de carvão, da produção e consumo de carvão energético: 2000-2012



FONTE: elaboração própria, com dados do Mineral Data, vários anos. A base de dados está atualizada apenas até o ano de 2012.

TABELA 2

Dados das trajetórias dos níveis das reservas de carvão, da produção e consumo de carvão energético: 2000-2012

<i>Ano</i>	<i>Carvão Mineral – Reservas (10³ tep)</i>	<i>Carvão Mineral – Consumo Energético para Termoelétrica (t)</i>	<i>Carvão Mineral – Produção Carvão Energético (t)</i>
2000	0	5.632.000	6.000.000
2001	1.000.000	5.659.000	5.700.000
2002	0	7.471.000	5.046.000
2003	0	6.597.000	4.643.000
2004	930.000	7.866.000	5.077.000
2005	10.113.000	5.833.000	6.000.000
2006	930.000	5.815.000	5.981.000
2007	93.000	6.375.000	6.000.000
2008	930.000	5.166.000	6.723.000
2009	2.488.000	5.783.725	5.518.339
2010	2.482.000	5.748.021	5.743.341
2011	2.392.000	6.846.284	5.613.582
2012	2.154.000	7.435.961	6.635.125

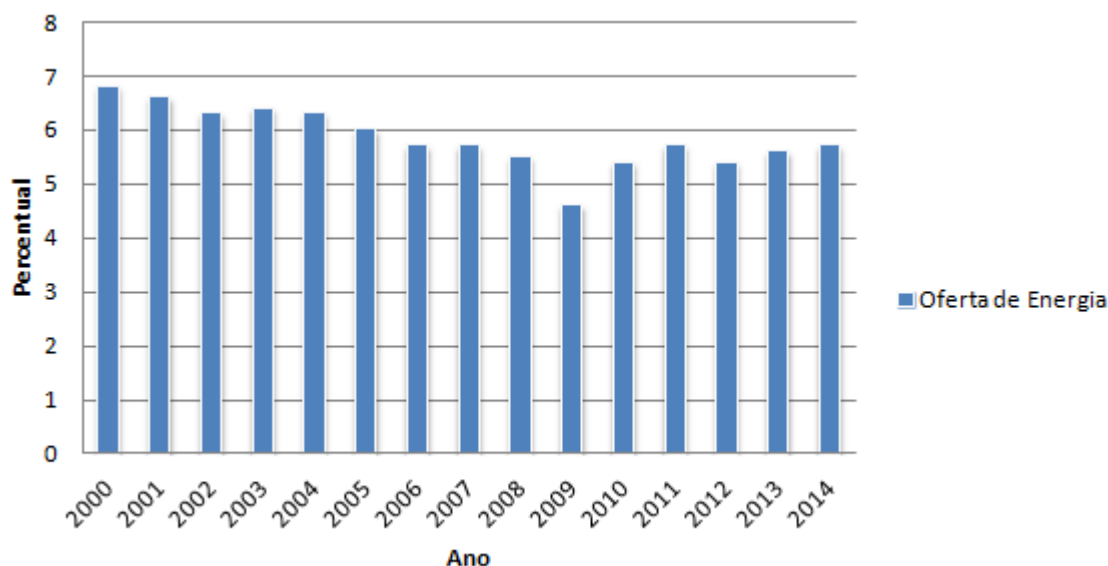
FONTE: elaboração própria, com dados do Mineral Data. A base de dados está atualizada apenas até o ano de 2012.

Apesar de o carvão brasileiro ter qualidade baixa e alto teor de toxidade, há tecnologias capazes de transformá-lo num carvão de qualidade aceitável, bem como também existem tecnologias que amenizam a emissão de elementos tóxicos, tornando a lavra do carvão ambientalmente sadia. (CHAVES, 2008)

Em nosso país, o cenário é favorável à utilização do carvão (RHODE, 2013), tanto ao já existente quanto a utilização de carvão importado para outros projetos, de forma que há uma retomada da produção do mesmo, configurando uma trajetória ascendente da oferta interna de energia advinda exclusivamente do carvão mineral.

A oferta interna de energia proveniente da queima do carvão mostra-se em período de recuperação, conforme Figura 7, atingindo um valor de 5,7% do total ofertado pelo país no ano de 2014. Essa retomada do carvão pode ser explicada pelo investimento injetado em obras de infraestrutura pelo PAC, que havia resultado em R\$ 126,3 bilhões de investimento no setor energético, segundo o Ministério de Minas e Energia, até meados do ano de 2013.

FIGURA 7 – Oferta Interna de Energia 2000-2014: Carvão Mineral (%)



FONTE: elaboração própria, com dados do Balanço Energético Nacional de vários anos (MME).

Conforme dados da ANEEL (atualizados até 08 de Novembro de 2015) há no país oito Complexos Termelétricos de geração de energia decorrente do carvão mineral, sendo metade deste de propriedade privada. Os cinco maiores complexos estão localizados nas cidades de Charqueadas, Candiota e São Gerônimo no estado

do Rio Grande do Sul, Figueira no Paraná e Capivari de Baixo em Santa Catarina. Juntos, os complexos geradores destas cidades possuem uma capacidade instalada de 1.765.000 kW.

4.3 Externalidades do uso do carvão mineral como gerador de energia elétrica

Quando se trata de carvão mineral, várias alusões aos danos ambientais decorrentes da sua extração são feitos. No caso das usinas da região Sul do país, a principal atividade responsável por esses danos é a liberação de cinzas por vias aéreas decorrentes do processo de queima do carvão. Tais usinas usam o carvão pulverizado na geração de energia, dessa maneira a liberação de cinzas torna-se ainda maior.

Uma das medidas de mitigação dos impactos ambientais da geração de energia decorrente da queima do carvão é a apresentação prévia por parte da mineradora encarregada da lavra do carvão - que inclui os processos de descoberta do solo para a retirada da cobertura estéril, perfuração e explosão das camadas de arenito, argila e do próprio carvão e reconstrução topográfica - de um plano de recuperação da área degradada ao Departamento Nacional de Produção Mineral (FRANCO, 2006, p. 20).

O setor energético, no Brasil, é considerado estratégico nos programas nacionais de erradicação da pobreza (PEREIRA; ALMEIDA, 2012, p.1). O carvão é tratado assim com a garantia de geração de energia elétrica a longo prazo. Ainda conforme Pereira e Almeida (2012), as usinas termelétricas constituem parte das obras fomentadas pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal e de maneira inversa ao que tem sido relatado pelas mídias, o carvão é alvo de futuro investimento governamental, de maneira que suas potencialidades devem ser estudadas a fundo.

Um entrave à produção do carvão é dado pela provável alteração das dinâmicas sociais locais. Por exemplo, a atividade carbonífera pode gerar a migração de agricultores e pecuaristas para as áreas urbanas. Problema este só ocorre quando há falta de investimento de infraestrutura. Abandonar a visão da

atividade carbonífera como “atrasada e retrógrada” “seria a alternativa dos agricultores e pecuaristas às dificuldades de se manter no campo” (PEREIRA; ALMEIDA, 2012, p. 2)

Levando em conta que a liberação de cinzas seja a vilã da energia do carvão, uma solução viável seria o uso de tecnologias a fim de reduzir a liberação dessas cinzas no meio ambiente, seja na utilização de filtros para que o percentual de cinzas liberado seja reduzido, seja no uso dessas cinzas como um subproduto do carvão, podendo ser (re)incluído no processo de queima, conforme Rhode:

Torna-se imperativa, na realidade brasileira na qual a utilização do carvão na termelétrica demonstra que as cinzas são, para efeito prático, a metade do insumo inicial. Não é possível fingir que uma matéria-prima (um recurso energético, um minério) que gera ao redor de 50% de resíduos sólidos possa ser considerada de maneira parcial, adotando postura tradicional de, *a posteriori*, observar o surgimento de um resíduo sólido do processo termelétrico. (RHODE, 2013, p. 3)

O processo de geração de energia libera um percentual alto de cinzas, principalmente pela heterogeneidade da composição do carvão brasileiro. As cinzas são o resíduo sólido de todo o processo termelétrico e são consideradas um problema ambiental que gera um custo econômico e ambiental, seja através da contaminação da área ao redor das usinas, seja na toxicidade de sua composição. Rhode (2013) defende que as cinzas devem ser vistas como um subproduto do carvão e podem ser reaproveitadas no processo de queima. Em algumas termelétricas já ocorre a queima do carvão pulverizado, reduzindo o nível de cinzas soltas na atmosfera.

Além da problemática das cinzas, a lavra do carvão mineral também produz Enxofre e outros elementos tóxicos. Segundo Theis (1996, p. 23), quando se queima o carvão, a emissão de Trióxido de Enxofre, na forma SO_3 , reage com a água e “o ácido resultante é um grande agente poluidor, prejudicial à saúde”.

Apesar das externalidades negativas decorrentes do uso de energias não renováveis, o carvão fóssil ainda é considerado um expoente em se tratando de segurança energética. Ele, diferentemente da hidroeletricidade e da eólica - que dependem da ação das chuvas e dos ventos, respectivamente – não está sujeito às variações climáticas e, assim, “possui uma vantagem competitiva de não depender de nada, além de incrementos tecnológicos necessários para sua cada vez mais exigente adequação ambiental” (RHODE, 2013, p. 8).

Assim, como há os que consideram o carvão mineral um inimigo da natureza, há aqueles que prezam seu uso e até o colocam como o na condição de uma ponte para o futuro, já que seus danos ambientais podem ser mitigados através do uso de tecnologia, bem como ele pode gerar uma segurança estável dos níveis de produção.

Mantêm-se, ainda, as questões já clássicas da poluição das décadas de 1970 e 1980 (enxofre, originando as chuvas ácidas) e de 1990 (emissão de mercúrio como vapor e agregado com as cinzas). Mesmo assim, o carvão é defendido sob o ponto de vista de constituir uma energia segura e, fazer frente à escalada da energia de fontes atômicas. Tendo em vista acontecimentos catastróficos recentes envolvendo plantas nucleares, o carvão prossegue sua trajetória de energia segura, confiável e com adesão de cada vez mais países e regiões. (RHODE, 2013, p. 9)

A despeito das classificações do carvão como inimigo e como salvador, a oferta de energia decorrente de sua queima continua sendo vista como uma energia segura, confiável e crescente. Assim, é colocado como capaz de fazer frente à energia proveniente de fontes atômicas, já que acidentes envolvendo plantas nucleares são muito mais frequentes e catastróficos do que os acidentes que envolvem plantas termelétricas, conforme Rhode (2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento no consumo de energia são frutos de uma combinação de diversos fatores que se reforçam mutuamente, como, por exemplo, o crescimento demográfico, o aumento populacional e a melhoria do nível de vida das sociedades. É inegável que o Brasil, usando o modelo atual de Matriz Energética diversificada, com abundância de recursos em seu território, fica menos sujeito às oscilações do cenário mundial.

Acontece que o Brasil, historicamente passou por períodos de crise no setor elétrico. Na última década, os apagões ocorridos atingiram magnitudes nunca alcançadas antes, de maneira que isto gerou um ambiente de incerteza quanto à estabilidade da oferta de energia e o uso de fontes não renováveis de energia teve de ser intensificado. Outro fator responsável pelo aumento do uso destas fontes forma os fatores climáticos.

O mercado da eletricidade não faz uma alocação eficiente dos recursos. Mesmo no caso do Brasil, é bastante difícil imaginar uma Matriz Energética limpa em sua totalidade. Ainda haverá resíduos “eliminados” durante a geração de energia e é necessário que estes resíduos também sejam realocados na produção.

A matriz energética brasileira, fortemente apoiada na hidroeletricidade, precisa de seus complementos para restaurar a oferta de energia. E a complementaridade ocorre também com fontes de energia não renováveis.

O carvão mineral é uma destas fontes que entra em reativação. Fortemente defendido por alguns pela capacidade de não ficar suscetível à ação climática, também é odiado por outros pelos impactos ambientais decorrentes do processo de queima. Nos últimos anos, ele vem reconquistando seu espaço no mercado de energia devido à capacidade de suas usinas termelétricas entrarem em atividade para socorrer o parque hidrelétrico quando este se encontra em situação de provável queda dos níveis de seus reservatórios, garantindo uma melhor eficiência energética.

Outro problema é que as Usinas Termelétricas operam com custos de implantação considerados altos, gerando uma barreira quase natural à entrada de

outras empresas neste mercado que conta com alta demanda, porém com poucos ofertantes.

Quanto à oferta de energia o carvão se mostra um braço amigo do sistema hidroelétrico. Quando este, seja pelo baixo nível dos reservatórios ou por falha humana, entra em períodos de recessão, várias outras fontes complementares são capazes de assegurar o nível de oferta exigido pela população. Cabe ressaltar que quando o nível de energia hidrelétrica cai, o uso de energia proveniente de combustíveis fósseis aumenta. O risco do uso dos combustíveis fósseis é produção de externalidades.

Nos dias de hoje, é fundamental pensar na sustentabilidade. Nosso país (e mundo) possuem tecnologias capazes atenuar os impactos que a exploração de recursos naturais produz no meio ambiente, porém ainda não contamos com uma tecnologia que seja capaz de eliminar de maneira eficaz e eficiente esses impactos. O processo de geração de energia através da queima do carvão produz de maneira intensiva externalidades negativas. Entretanto, a tecnologia consegue apenas reduzir as externalidades do tipo negativas. No caso específico do carvão mineral, o que mais causa externalidades são as cinzas altamente poluentes resultantes do processo de queima. Mesmo que se reduza a emissão destas continua sendo muito difícil eliminá-las. Uma solução é que elas sejam reincorporadas como subprodutos do carvão.

Se o fator ambiental acaba com a ideia de o carvão ser um potencial complemento da matriz energética, é preciso focar mais ainda nos outros complementos, principalmente os provenientes de fontes de energia consideradas limpas. É o caso de outras energias que estão em ascensão, como a proveniente da cana-de-açúcar e a proveniente da força dos ventos. Ainda precisando estudos na área, mas mesmo assim pode-se afirmar que as externalidades geradas por estas outras fontes são menos poluentes em comparação às do carvão mineral.

Para o carvão atingir o patamar de potencial complemento ao sistema hídrico, é necessário que mais estudos sejam realizados e mais investimentos sejam feitos nessas áreas. Apesar de muitos dados ainda não estarem disponíveis, é possível fazer uma análise mais profunda da provável fragilidade do carvão como complemento dentro da Matriz Energética quando se inclui na pauta os impactos do uso. O cenário futuro é de aumento da demanda para o setor elétrico, tendendo a

elevar o consumo do carvão doméstico e industrial nos próximos anos, mas não se pode ignorar a possível exaustão do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração**. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15>>. Último acesso em 10 de Nov. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Informações Gerenciais**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Z_IG_Mar_2015-170615.pdf>. Último acesso em 14, nov. 2015.

ARAÚJO, J. L. R. H.; OLIVEIRA A. **Política energética brasileira: mudança de rumo?** Colóquio Internacional “Energía, Reformas Institucionales y Desarrollo em América Latina”, Universidad Nacional Autónoma de México – Université PMF de Grenoble, México, D.F., 5-7 nov. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). **Visão Geral do Setor**. Brasília: 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CARVÃO MINERAL (ABCM). **Sobre o carvão**. Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=6&i_area=4>. Acesso em 08, nov. 2015.

ATLAS DA ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. 3ª Ed. Brasília: 2008.

BAER, W.; McDONALD, C. **Um retorno ao passado? A privatização de empresas de serviços públicos no Brasil: o caso do setor de energia elétrica**. Planejamento e Políticas Públicas, São Paulo, n. 16, dez. de 1997.

BORGES, I. L. **Processo de Adequação Ambiental na Indústria Carbonífera: Estudo de Caso sobre a Implantação de um Sistema de Gestão Ambiental**. Tese de Mestrado. PPE/COPPE/UFRJ, 2004.

CARNEIRO, R. **Desenvolvimento em crise: a economia brasileira no último quarto do século XX**. São Paulo: Editora UNESP; Campinas: Instituto de Economia da UNICAMP, 2002.

CARVALHO, J. F. **O declínio da era do petróleo e a transição da matriz energética brasileira para um modelo sustentável.** Tese de Doutorado. São Paulo: USP, 2009.

CHAVES, A. P. **Os problemas do carvão em geral e do carvão brasileiro em particular.** Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, p. 13-24, 2008.

CHAVES, M. P. S. R.; RODRIGUES, D. C. B. **Desenvolvimento Sustentável: limites e perspectivas de debate contemporâneo.** Revista Internacional de Desenvolvimento Local, v. 8, n. 13, p. 99-106, Set. 2006.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.

COVRE, V. R.; RIBEIRO, A. P. L. **A Matriz Energética Brasileira.** São Mateus: UFES, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Sumário Mineral - 2014.** Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 11, out., 2015.

ELETROBRAS. **Quem somos.** Disponível em <<http://www.eletrabras.com/elb/main.asp?Team={5509CA89-1D49-44C9-905C-9B159FFC4935}>> Último acesso em: 14 de Nov. 2015.

ELLERY FILHO, E. H. **A ANEEL e o Modelo do Setor Elétrico Brasileiro.** Seminário “A Crise Energética Brasileira”. Brasília-DF, 2001.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Acesso à Informação.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/acessoainformacao/Paginas/acessoainformacao.aspx>>. Último acesso em: 15, nov., 2015.

FERNANDEZ, B. P. M. **Ecodesenvolvimento, Desenvolvimento Sustentável e Economia Ecológica: em que sentido representam alternativas ao paradigma de desenvolvimento tradicional?** Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 23, p. 109-120, Editora UFPR: jan./jun. 2011.

FRANCO, A. M. P. Caracterização física de um solo construído na área de mineração de carvão de Candiota – RS. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Solos – UFPel. Pelotas, 2006.

FREITAS, G. S. **As Modificações na Matriz Energética Brasileira e as Implicações para o Desenvolvimento Sócio-Econômico e Ambiental.** Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

FRITZ, K. B. B. **Impactos sócio-econômicos do uso do Carvão Mineral.** Erechim: Ed. Edifapes, 2001.

GIAMBIAGI, F. et al.. **Economia Brasileira contemporânea: 1945-2010**, 2. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2011.

GAVRONSKI, J. D. **Carvão Mineral e as Energias Renováveis no Brasil.** Tese de doutorado. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia e Meio Ambiente no Brasil.** Estudos Avançados n. 21 (59), 2007.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. **Política energética no Brasil.** Estudos Avançados, v.19, n. 55. São Paulo, set./dez., 2005.

GOLDEMBERG, J. PRADO, L. T. S. **Reforma e crise do setor elétrico no período FHC.** Tempo Social, USP. São Paulo: 2003

GOMES, A. P. et al..**Carvão fóssil.** Revista Estudos Avançados ano 12, n.33, p. 89-106, 1998.

HARRIS, J. M.; ROACH, B. **Environmental and natural resource economics: a contemporary approach.** M. E. Sharpe, 3ª ed. Nova Iorque: 2013.

LIMA, F. A. **A Regulação por Contratos no Setor Elétrico Brasileiro: o contrato de comercialização de energia elétrica no ambiente regulado - CCEAR e os leilões de energia.** Monografia de pós-graduação. Brasília: UNICEUB, 2006.

LORENZO, H. C de. **O Setor Elétrico Brasileiro: Reavaliando o Passado e Discutindo o Futuro**. Araraquara, 2002.

MALINSKI, L. M. **A relação entre recursos naturais e matriz energética**. Parque da Ciência Newton Freire Maia: 2014.

MARTINS, C. H. B. **Pobreza, meio ambiente e qualidade de vida: indicadores para o desenvolvimento humano sustentável**. Indic. Econ. FEE, Porto Alegre, v. 30, n. 3, p. 171-188, dez, 2002.

MAY, P. **Economia do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2ª edição, 2003.

MELLO, J. C. **A Eterna Evolução do Setor Elétrico – Desafios e Soluções**. ABRACE – Visões do Setor Elétrico. Disponível em <<http://visoesdosetoreletrico.com.br/pdfs/especialistas/Joao-Mello.pdf>>. Acesso em: 02, nov., 2015.

MENKES, M. **Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade**. Tese de Doutorado. Brasília, DF: março, 2014.

MINERAL DATA. Disponível em<http://mineraldata.cetem.gov.br/mineraldata/app/*> Último acesso em 13 de Nov. 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanço Energético Nacional 2014 – Ano base 2013**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Energia – PNE 2030**. Brasília: MME: EPE, 2007.

MODIANO, E. M.; TOURINHO, O. A. F. **A Economia do Carvão Mineral**. Pes. Plan. Econ., Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 51-86, 1982.

MONTIBELLER-FILHO, G. **O Mito do Desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Editora da UFSC, 3ª edição, Florianópolis, 2008.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Editora UnB, Brasília, 2007.

MUNHOZ, D. G. **Economia aplicada – técnicas de pesquisa e análise econômica**. Brasília: Editora UnB, 1989.

OLIVEIRA, A. F. et al. **Atual modelo do setor elétrico brasileiro e suas políticas**. Centro Universitário do Sul de Minas Gerais - UNIS-MG, 2012.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **O que é o SIN – Sistema Interligado Nacional**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: 08 de set. 2015.

PEREIRA, V. C.; ALMEIDA, J. P. **O Rural e o Carvão: as representações sociais da atividade carbonífera em Candiota,RS**. III Encontro Internacional de Ciências Sociais, UFPel, Pelotas, 2012.

PINTO, M. A. C. **O BNDES e o Sonho do Desenvolvimento: 30 Anos de Publicação do II PND**. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 11, n. 22, p. 51-79, dez. 2004.

PIRES, J. C. L.; PICCININI, M. S. **A Regulação dos Setores de Infra-Estrutura no Brasil**. In: GIAMBIAGI, F.; MOREIRA, M. M. (Orgs.). A economia brasileira nos anos 90. Rio de Janeiro: BNDES, p. 217-260, 1999.

PIVA, R. B. **Economia Ambiental Sustentável: os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PROCEN). **Causas e Soluções para os Apagões no Sistema Elétrico Brasileiro**. Disponível em <http://www.procen.ufc.br/?page_id=418>. Acesso em: 07 de set. 2015.

RHODE, G. M. **Cinzas, a Outra Metade do Carvão Fóssil – Nova Estratégia Para a Termelétrica**. Gramado: Evangraf, 2013.

ROSEMBERG, N. **Por dentro da caixa-preta: Tecnologia e economia**. São Paulo: Editora Unicamp, 2006.

SALLES-FILHO, S. **Tecnologia e inovação no setor elétrico**. Jornal da Unicamp: Campinas, n. 454, 15-21 de mar., ano XXIV, 2010.

SANTOS, G. D. V. M. **Planejamento e Desenvolvimento: a Exploração Mineral no Território Nacional**. DRd – Desenvolvimento Regional em debate (ISSN 2237-9029), ano 3, nº 2, p. 176-200, 2013.

SCHUMANN, W. **Rochas e Minerais**. Ao Livro Técnico S.A., 1985.

THEIS, I. M. **Limites Energéticos do Desenvolvimento**. Blumenau: Editora da FURB, 1996.

TOLMASQUIM, M. **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil**. Estudos Avançados 26 (74), 2012.

TOLMASQUIM, M. T. et al.. **Matriz Energética Brasileira**. Revista Novos Estudos, 79, 2007.

URSAIA, G. C.; et al.. **O quadro político e institucional do setor energético brasileiro**. Working Paper, n. 93. Portugal: 2012.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 7ª tiragem, 2006.

WORLD COAL ASSOCIATION (WCI). **Improving access to energy**. Disponível em <<http://www.worldcoal.org/sustainable-societies/improving-access-energy>>. Acesso em: 13 out. 2015.