

A NECESSIDADE DE INTERAÇÃO ENTRE O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

RESUMO

Este trabalho fará uma análise, sob a ótica da teoria evolucionária, da construção dos sistemas energéticos, desde que o homem iniciou o processo de apropriação da renda energética até hoje, visto que esses sistemas vêm ultrapassando a capacidade de suporte do planeta em termos de remoção da poluição gerada. Discute-se a ampliação da apropriação desta renda energética e suas consequências, tendo a revolução industrial como divisor de águas no que diz respeito ao aproveitamento dos recursos naturais e energéticos. O debate sobre o processo de inovação tecnológica pode abrir a perspectiva para mudanças de rotas e paradigmas tecnológicos, hoje existentes, mostrando-se o papel da regulação e o da gestão como primordiais para esta transformação. E ainda se mostram as opções por meio das fontes alternativas renováveis de energia de mudanças na infraestrutura energética do planeta para preservação da vida como a conhecemos a longo prazo.

Palavras-chave: Sistemas energéticos. Inovação tecnológica. Preservação da vida.

THE NEED FOR INTERACTION BETWEEN THE ENERGY PRODUCTION PROCESS, TECHNOLOGICAL INNOVATION AND ENVIRONMENTAL PRESERVATION

ABSTRACT

This work analyzed, from the perspective of evolutionary theory, the construction of energy systems since man began the process of appropriating energy income up to the present day, in which these systems have been exceeding the planet's carrying capacity in terms of removing the pollution generated. The expansion of the appropriation of this energy income and its consequences are discussed, with the industrial revolution as a watershed in terms of the use of natural and energy resources. The debate on the process of technological innovation can open up the prospect of changes in the routes and technological paradigms that exist today, showing that the role of regulation and management is essential for this transformation. It also shows the options through alternative renewable energy sources for changes in the planet's energy infrastructure to preserve life as we know it in the long term.

Keywords: Energy systems. Technological innovation. Preservation of life.

Me. Vinicius da Silva Freitas



Universidade Estácio de Sá, UNESA,
Brasil

Centro Universitário Augusto Motta,
UNISUAM, Brasil

viniciuscarvalho34@hotmail.com

**Dr. José Roberto Gonçalves de
Abreu**



Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Espírito
Santo, IFES, Brasil

abreufisio@gmail.com



1 INTRODUÇÃO

A relação entre desenvolvimento econômico, empreendimentos energéticos e inovação tecnológica sempre foi intensa. Os primeiros utilizam-se do último na busca de solução aos problemas ambientais causados pelos sistemas energéticos. Os processos de inovação tecnológica e de gestão ambiental, por exemplo, contribuem significativamente para a mitigação dos impactos ambientais quando se objetiva conservar o meio ambiente.

O processo de inovação tecnológica traz modificações consideráveis na geração e consumo de energia, por conseguinte, em toda a cadeia de sistemas energéticos como eletricidade ou petróleo. A difusão de uma inovação tecnológica ambientalmente apropriada, induzida pela introdução de códigos de conduta ou regulação do Estado, poderá ser utilizada para substituir os meios sustentáveis de geração e consumo de energia e construir novos paradigmas e rotas tecnológicas mais saudáveis e sustentáveis.

Hoje, as chamadas tecnologias mais limpas indicam uma possível alternativa para a atual estrutura de geração e consumo de energia que ameaça a qualidade de vida no planeta. Mas estas tecnologias, por si só, não são suficientes para frear o aumento da degradação ambiental devido aos danos já causados e da poluição acumulada. São necessárias mudanças estruturais nos sistemas energéticos conhecidos para alterar os atuais rumos destas transformações.

A geração de energia, baseada em fontes alternativas, passa a ser uma opção tecnológica para iniciar o processo de transformação consistente de sistemas energéticos maduros e tradicionais para o uso de múltiplas fontes integradas que possa alimentar o aumento consecutivo do setor de produção.

As fontes não renováveis convencionais, especialmente os combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo, devem ser encaradas como recursos para uma transição de modelos climaticamente obsoletos para aqueles que respeitam os ciclos da biosfera. Os indicadores de celeridade para esta transformação encontram-se nas mudanças climáticas em curso, especialmente a concentração de CO₂ associada às mudanças de temperatura e variações de ciclos hídricos, definindo um novo arranjo de uso de tecnologias para geração de energia.

A acumulação de capital realizada por empresas na área de energia tem de ser usada o mais rapidamente possível para esta transição, fomentando-se o desenvolvimento de tecnologias para as fontes alternativas renováveis e criando-se condições de economia de escala para sua competitividade. Os mecanismos regulatórios de incentivos devem ser utilizados para ampliação de redes de sistemas nacionais de inovação voltadas para essas fontes renováveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O mecanismo de inovação tecnológica

Nelson e Winter (2002) consideram a geração e a difusão da inovação como resultado da interação da busca por novas oportunidades e a seleção delas. A inovação envolve incerteza e desequilíbrio e os autores fazem analogia com a teoria evolucionária e a seleção natural de Charles Darwin e afirmam que emprestam da biologia uma série de conceitos básicos, como o próprio Darwin emprestou outros de Malthus.

Na visão de Nelson e Winter (2002), o mercado seria um ambiente seletivo para a firma/empresa de energia, onde ela pode ter sucesso ou não, dependendo de sua habilidade em se adaptar ou modificá-lo.

Os padrões de desenvolvimento dessas empresas influenciam outras firmas que, por sua vez, em conjunto, influenciam a economia e, esta, novamente, as firmas e assim por diante. Cria-se, portanto, uma relação de interdependência entre os padrões de

desenvolvimento tecnológico, no caso entre empresas componentes do sistema energético e as do sistema produtivo em geral. (Nelson; Winter, 2002, p. 49).

As empresas, portanto, estão sempre buscando a sobrevivência em um ambiente dinâmico e em constante mutação. Cada empresa, segundo Nelson e Winter (2002), tem sua “rotina” com seus conhecimentos tácitos e técnicos, o que caracterizaria seus “genes”. A mudança se dá, portanto, com as mudanças dessas rotinas. Em havendo rotinas, uma delas deveria ser relativa à constante disposição para uma estratégia heurística, ou seja, de constante descoberta, impelindo a empresa ao hábito de lidar com questões não rotinizadas. Para Nelson e Winter (2002), o processo de inovação deve ser encarado como um mecanismo de logo prazo, com mudanças progressivas e ritmo específico de acordo com sua natureza.

D’avignon (2007) explica que as regularidades observadas nos processos de inovação trazem outra ideia, a de dependência temporal. Hoje o quadro conhecido de uso de tecnologia na indústria de energia é resultado de decisões no passado e as decisões neste momento influenciarão o futuro. Para o autor essa interdependência temporal estabelece a irreversibilidade do processo de inovação, onde as decisões imprimem esse caráter, uma vez que o processo de inovação visaria lucratividade, e, assim sendo, dispendioso para a inovação.

Pode ser caro reverter esse processo e, mesmo sendo possível, nunca se retornaria as condições iniciais. Esses são os fatores que também esclarecem que as decisões de determinados setores do capital, como uso interno do combustível fóssil e detrimento de alternativas existentes no passado e ainda associados a sistemas “lock in” a eles ligados, podem, no ponto de vista de sistema energético, colocar em risco os sistemas naturais e ciclos da biosfera. O uso intenso de fontes não renováveis parece inapropriado diante da manutenção destes sistemas em longo prazo. (D’avignon, 2007; p. 43).

Logo, de forma geral, afirma D’avignon (2002), o processo de inovação pode ser considerado a busca por novos produtos e arranjos institucionais, via descobertas, experimentação, imitação e adaptação – o que significa uma percepção *ex ante* dos resultados do processo de inovação onde a incerteza pode é considerada uma das características da inovação.

Uma característica importante da inovação é a confiança no progresso técnico, pois se não houvesse experiências bem-sucedidas como referências para os agentes, não haveria estímulo para novas alternativas. A integração de sistemas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) como institutos ou centros de pesquisa, como a indústria energética é outro elemento importante. As atividades formais de P&D estão cada vez mais integradas ao sistema produtivo como uma ferramenta para aumento da concorrência, na busca de novas oportunidades. (D’avignon, 2007, p. 37).

A energia elétrica obtida por plantas term nucleares à fissão é um bom exemplo disso. Uma tecnologia que, segundo D’avignon (2002), impõe mudanças, como o abandono de outras tecnologias como as termelétricas a carvão, mas este não foi o caso. No entanto, lembra o autor, a maioria das sociedades não quis arcar com os riscos da generalização de sua implantação, a confiabilidade desta tecnologia foi determinante em razão dos acidentes nos EUA e na extinta URSS.

De acordo com Furtado (2003), cada paradigma resulta em oportunidades tecnológicas e obstáculos, dependendo dos estímulos circunstanciais anteriormente discutidos. Mas, com certeza, uma das fontes de grandes mudanças de paradigmas tecnológicos continua sendo os avanços científicos e de pesquisa e de desenvolvimento associados a sistemas nacionais e internacionais de inovação, como é o caso da indústria aeronáutica europeia.

A ideia de paradigma auxilia na compreensão do processo de inovação tecnológica, pois em algumas áreas as inovações podem ser difundidas e absorvidas rapidamente,

como é o caso de telecomunicações e microeletrônica. Em outras, esse processo pode ser mais lento e não acontecer, caso das empresas tradicionais e consolidadas, em uma cadeia de produção já denominada, madura e de capital intensivo como é o caso daquelas que compõem os sistemas energéticos convencionais. (Furtado, 2003, p. 67).

Pelo prisma de Furtado (2003), o uso de tecnologias de geração e de consumo de energia ambientalmente apropriada torna-se necessário para a manutenção da vida humana no planeta, pois esta parece ser a única “rota” de evolução tecnológica adequada para harmonizar a evolução geofísica com a antrópica. Segundo o autor, os mecanismos de regulação da economia não são suficientes em razão da dinâmica dos processos naturais, como é a biosfera, grande regulador das atividades humanas. Não se respeitando os limites e sistemas existentes na biosfera, a vida na Terra pode estar ameaçada.

Kemp e Soete (2002) ainda relatam como o uso dos cavalos como meio de transporte em Londres, na segunda metade do século XIX, trouxe grandes problemas ambientais para a cidade. Como cada animal produzia cerca de 15 kg de resíduos (fezes) por dia, eram necessários, aproximadamente, seis mil varredores para recolhê-los. O odor, a obstrução da passagem de pedestres e possivelmente o entupimento das galerias de águas pluviais tornaram-se problemas graves funcionando como limitadores deste tipo de transporte.

Entretanto, lembram Kemp e Soete (2002), apesar da disponibilidade de outros meios de transporte urbano, estes não foram adotados em razão da falta de infraestrutura, como postos de abastecimento e regulamentação da época que determinava, por meio de sinais vermelhos, o limite máximo de velocidade como de 12km/h. a pequena escala ainda dos veículos a vapor e posteriormente com os motores a combustão interna de Nikolaus Otto, Karl Benz e Gottlieb Daimler também não permitia ainda a utilização dessas alternativas.

Mas vale ressaltar que um motor de combustão emite resíduos que não chega a 10 gramas por quilômetro rodado, o que significava uma redução na emissão de resíduos da ordem de 200 vezes. A opção pelo uso dos motores de combustão interna no início do século XX, destacam Kemp e Soete (2002), solucionara o problema dos resíduos deixados pelo cavalo, mas criaria outro: as emissões veiculares. Estas se tornaram responsáveis pela degradação das cidades e por parte significativa dos gases que intensificam o efeito estufa com uma frota mundial beirando um bilhão de veículos.

Atualmente estudam-se alternativas ao motor de combustão interna, pois seu uso intenso degrada monumentos históricos, gera o smog, causa transtornos à saúde humana e contribui com quase metade dos gases do efeito estufa do planeta. Além disso, o motor de combustão interna é um equipamento de baixa eficiência que gira em torno de 20% da energia contida no combustível, todo o resto torna-se calor, ou seja, energia dissipada, segundo Cecchin e Veiga (2009), a célula a combustível aparece como uma possibilidade, ainda sem visibilidade econômica, ou mesmo os biocombustíveis.

Mas haverá algum problema no futuro com as células combustíveis ou com o biodiesel que hoje ainda conhecemos pouco e desprezamos? A incerteza está, portanto, presente. Segundo Cecchin e Veiga (2009), a degradação do meio ambiente derivaria, portanto, das opções de uso de recursos energéticos, renováveis ou não, e a poluição gerada pelos meios de transformação e uso se estes fossem inadequados ambientalmente.

O motor elétrico para tração em veículos leves foi abandonado no início do século XX devido à associação de montadoras com a indústria do petróleo, esta opção, no entanto, aparece hoje como uma alternativa concreta aos motores de combustão interna convencionais. Além de mais compactos, destacam Kemp e Soute (2002), os motores elétricos podem possibilitar uma grande flexibilidade na geração de energia elétrica para alimentá-los, desde a energia eólica até o mais rudimentar gerador com biomassa, passando pelas convencionais e solar. As bactérias de acumulação ácidas, que poderiam ser um impeditivo ao desenvolvimento da rota, já estão em processo de inovação para aumentar sua vida útil e autonomia do veículo.

Essa categoria abre espaço para conceitos de ecoeficiência, nas quais a diminuição do uso de insumos por meio de reuso, reciclagem e redução, tendo a mesma base tecnológica como referência, seria ponto central. Nesse caso, não há mudanças significativas no processo, no momento dos ciclos de investimento, que não romperiam com os antigos conceitos de produtividade, mas simplesmente uma modernização e maior eficiência.

Defendidos por D'Araújo (2009), os benefícios e os riscos de uma inovação raramente são previsíveis devido às incertezas que caracterizam as mudanças tecnológicas. O conhecimento dos impactos das tecnologias tradicionais utilizadas é bem maior como é o caso, por exemplo, da substituição da gasolina pelo álcool etílico hidratado como combustível para veículos.

O combustível fóssil por mais que trouxesse problemas ambientais, trazia problemas conhecidos. No caso do álcool, quando o Proálcool foi implantado, em 1975, não se sabia como os aldeídos e formaldeídos, componentes dos gases de combustão, iriam atuar na saúde humana e maio ambiente com o crescimento da frota desses veículos. Portanto, nos primeiros estágios do desenvolvimento de inovações, o impacto pode ser pior do que aqueles causados por tecnologias tradicionais, apesar dos benefícios futuros que essas possam trazer. (D'Araújo, 2009, p. 76).

A incerteza nas previsões de adequação ambiental da inovação provoca a criação de regulação e políticas, tanto empresariais como públicas, que inibam a experimentação de inovações e, por conseguinte, gera-se um “trancamento” (*lock in*) com as tecnologias tradicionais.

2.2 O processo de inovação, como instrumento de transformação dos sistemas energéticos

Se, por um lado, as inovações tecnológicas possibilitaram a uma parcela da humanidade usufruir de conforto e bem-estar por meio da produção de bens, por outro lado trouxeram problemas ambientais locais, regionais e globais.

A mudança na relação do homem-natureza pelo capitalismo industrial já se processa há mais de 200 anos e as consequências ambientais dessa opção de trajetórias tecnológicas só começaram a ser discutidas internacionalmente há cerca de 30 anos, por exemplo, no Clube de Roma, o Relatório Meadows et al., posteriormente, na Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente Humano (UNCHE), em Estocolmo, em 1972, e na Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), no Rio de Janeiro, em 1992.

O problema que se coloca é se há possibilidade de mudança nos paradigmas a ponto de reverter processos como, por exemplo, as mudanças climáticas e o consequente aumento de temperatura constatado pelo quarto relatório de avaliação (AR4) do IPCC (2007).

A crença na solução tecnológica, segundo Romeiro (2003), sempre possível para os problemas ambientais parece perder espaço diante dos danos irreversíveis causados por atividades industriais. As externalidades negativas geradas pela escolha de paradigmas tecnológicos inadequados provocam a maioria dos problemas ambientais.

Se, por um lado, o processo de inovação pressupõe acumulação de conhecimentos tecnológicos e tácitos, por outro, os danos causados ao meio ambiente por determinado paradigma tecnológico podem demorar a se manifestar devido também a um processo acumulativo. As incertezas aparecem em ambos os casos, pois no meio ambiente, dada suas dimensões e interatividade local, regional e global, as consequências não são nem parcialmente previsíveis em muitas situações. (Romeiro, 2003, p. 28).

Os paradigmas tecnológicos escolhidos para os sistemas energéticos determinam, na visão de Gowdy e Erickson (2005), tanto as possibilidades de inovação como os impactos ambientais deles. O importante a destacar é a ideia de que as atividades antropogênicas,

especialmente as opções por sistemas energéticos, podem ter rumos mais harmônicos com o meio ambiente do que tiveram até agora.

Não há, segundo Gowdy e Erickson (2005), uma direção mórbida determinada por conceitos de maximização de lucro ou equilíbrio em um mercado perfeito hipotético no qual o homem, com essa característica, não teria outro caminho senão este que assiste em termos de degradação ambiental.

Gowdy e Erickson (2005) explicam que, pensando-se com conceitos termodinâmicos, a tecnologia sempre causará algum distúrbio nas condições iniciais já que se trata de processo de transformação de recursos naturais. Haverá sempre outros produtos, além daqueles no foco de transformação. Resta saber, portanto, qual seria a tecnologia mais limpa apropriada para que haja uma gestão ambiental de longo prazo dos recursos naturais.

Nesse caso, vale ressaltar, que se trata de tecnologias mais limpas e não simplesmente limpas, pois esta última forma é muito difícil de ocorrer. Não haveria, na visão de Gowdy e Erickson (2005) também, uma tirania das necessidades do homem na sociedade industrial. Se estas não pudessem ser atendidas com tecnologias ambientalmente adequadas naquele momento, tais necessidades poderiam ser adiadas ou descartadas.

Os sistemas energéticos centralizados baseados principalmente em energia fóssil se desenvolveram no capitalismo industrial seguindo a lógica de diminuição de custos e apropriação da renda energética sem levar em contas as externalidades ambientais negativas. Para Romeiro (2003), esses sistemas se tornaram, portanto, instrumentos preferenciais da expansão capitalista favorecendo a concentração industrial, financeira e econômica.

Aos poucos, os sistemas energéticos baseados em energias renováveis foram sendo abandonados. Associados a estes sistemas energéticos preponderantes estavam paradigmas tecnológicos que foram exportados para os países em desenvolvimento. Muitos destes localizados junto aos trópicos como o Brasil. Não houve, neste caso, a opção nesses países, por outros paradigmas baseados em energias provenientes da biomassa, apesar de esta ser menos intensiva em capital, equipamentos e tecnologia e mais intensiva em trabalho humano. (Romeiro, 2003, p. 81).

Romeiro (2003) lembra que a importação dos sistemas energéticos baseados em energia fóssil ampliou a dependência dos países em desenvolvimento e não foram respeitadas outras configurações de uso de energia que poderiam ser mais eficientes já que os conversores biológicos, como eucalipto e lenha obtida por manejo florestal, tinha uma produtividade muito maior do que nos países temperados.

O círculo vicioso estava formado: adoção de sistemas energéticos convencionais, necessidade de toda a tecnologia para utilizá-los. A oferta de energia convencional quase sempre foi superior à demanda, impulsionando novas tecnologias associadas. A gasolina que era considerada um subproduto quase indesejável passou a ter um valor diferenciado, mostrando uma perspectiva de indução de consumo pelo setor produtivo, especialmente o setor energético, definindo claramente a opção por uma rota tecnológica cumulativa e irreversível no mundo contemporâneo. As condições ambientais do planeta, portanto, estariam condicionadas as opções tecnológicas realizadas em períodos anteriores que se manifestariam no presente em mudanças globais de aspectos relacionados à biosfera, a grande reguladora de todas as outras esferas de atividades social e econômica. (Romeiro, 2003, p. 96).

O progresso técnico foi primordial na redução do consumo energético por meio de rearranjos da estrutura produtiva e nova geração de equipamentos que reduziam o uso de matéria-prima, embora essas mudanças não tenham alterado o crescimento global do consumo de energia, pois, segundo Romeiro (2003), houve a realocação das atividades energo-intensivas no plano internacional, mostrando que os velhos paradigmas tecnológicos ainda predominam.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A abordagem metodológica empregada, neste estudo, baseou-se em uma revisão bibliográfica, utilizando dados provenientes de fontes públicas e privadas do setor, assim como informações consolidadas em produções científicas. A pesquisa assume caráter exploratório, alinhado à perspectiva delineada por Gil (2008), visando esclarecer conceitos e opiniões, promovendo um maior engajamento com a questão em análise. Este tipo de pesquisa geralmente envolve levantamento bibliográfico e documental, adotando uma abordagem qualitativa.

Os critérios de inclusão adotados para a seleção dos artigos foram: relação direta com os descritores, idiomas em inglês e português, disponibilidade integral online e indexação nas bases de dados do Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES e Scielo. Por outro lado, os critérios de exclusão contemplaram artigos duplicados, textos incompletos inacessíveis ou que não abordavam o conteúdo proposto nesta revisão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inserção de fontes energéticas alternativas no setor energético brasileiro, por exemplo, podem ser considerado um caso muito especial entre as experiências mundiais.

Diferentemente de outros países no mundo, o caso brasileiro é singular considerando-se que a nossa principal característica é o fato de, além de termos uma matriz de base predominantemente hídrica, o sistema apresenta uma reserva partilhada de porte equivalente à metade da energia consumida em um ano. Se os reservatórios brasileiros estiverem cheios e os rios afluentes secarem, a energia armazenada equivale a aproximadamente seis meses de carga do Sistema Interligado Nacional (SIN). O único sistema de grande porte que apresenta características parecidas é o de Quebec, no Canadá, em proporções reduzidas. (D'Araújo, 2009, p. 86).

Segundo D'Araújo (2009), a arquitetura do sistema brasileiro altera as condições de análise da inserção de fontes alternativas de energia renovável a ele, pois a coerência dele está voltada para a gestão da energia reserva que fica nos grandes reservatórios.

No Brasil optou-se pela adoção de certificados energéticos. A grande maioria das fontes não é contratada pela energia produzida, mas sim por um atestado a priori a partir de uma simulação da operação em uma configuração futura com a presença das pretensas fontes alternativas renováveis complementares ou não. Assim, a “energia assegurada” de cada usina é calculada não como energia efetivamente produzida, mas sim como o efeito da presença dessa energia na gestão da operação de um sistema único de geração-transmissão. Portanto, a maioria das usinas comercializa uma parcela da energia total do sistema que lhe é atribuída. (D'Araújo, 2009, p. 87).

Em princípios, quanto mais complementar puder ser a fonte analisada em relação às variações das aflúências hídricas, mais energia agrega ao sistema. Esse efeito é tal que a energia assegurada de uma usina pode ser maior do que a efetivamente gerada por ela. Isso acontece, segundo D'Araújo (2009), além dos MWh gerados na usina, pelo aumento da energia do refinamento da gestão reserva a partir da presença daquela unidade.

As fontes térmicas representam este caso, de acordo com D'Araújo (2009), pois funcionam como seguradoras e proporcionam uma operação na qual melhor se aproveita as aflúências em período de grande hidraulicidade, tornando possíveis volumes de espera mais eficientes, como demonstra o quadro abaixo representando a matriz energética brasileira no que diz respeito apenas à geração elétrica.

Quadro 1 – Matriz energética brasileira: geração de energia elétrica

Empreendimentos em operação							
Tipo		Capacidade instalada		%	Total		%
		Nº de usinas	(kw)		Nº de usinas	(kw)	
Hidro		786	77.692.536	69,74	786	77.692.536	69,74
Gás	Natural	89	10.598.502	9,51	120	11.842.985	10,63
	Processo	31	1.244.483	1,12			
Petróleo	Óleo diesel	764	3.721.486	3,34	784	4.986.680	4,48
	Óleo residual	20	1.265.194	1,14			
Biomassa	Bagaço de cana	266	3.652.278	3,28	326	4.839.275	4,34
	Licor negro	13	848.698	0,76			
	Madeira	32	265.017	0,24			
	Biogás	8	41.874	0,04			
	Casca de arroz	7	31.408	0,03			
Nuclear		2	2.007.000	1,8	2	2.007.000	1,8
Carvão mineral	Carvão mineral	8	1.455.104	1,31	8	1.455.104	1,31
Eólica		33	414.480	0,37	33	414.480	0,37
Importação	Paraguai		5.650.000	5,46		8.170.000	7,33
	Argentina		22.050.000	2,17			
	Venezuela		200.000	0,19			
	Uruguai		70.000	0,07			
Total		2.059	111.108.060	100	2.059	111.408.060	100
Total renovável		1.145	82.946.291	74	1.145	82.946.291	74

Fonte: ANEEL (2009).

Para D'Araújo (2009), essa arquitetura do sistema energético brasileiro parece uma distorção quanto às necessidades de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) atualmente. A metodologia de cálculo passa a ser um estímulo a energia térmica com base fóssil por ser esta a que assegura uma maior confiabilidade ao sistema.

Segundo Veiga (2005), mesmo sendo uma tecnologia madura, ela representa custos de manutenção muito variáveis em razão da variação dos preços dos combustíveis fósseis. Certamente este é um nicho no qual a regulação pode estimular tecnologias para uso de fontes energéticas alternativas renováveis. Outra particularidade no Brasil Para o autor, é que ao se analisar as fontes alternativas renováveis complementares e a associação sistema delas com as convencionais, a relação entre elas se torna fundamental.

Veiga (2005) entende que como necessária a ampliação da participação de outras fontes alternativas renováveis complementares nas metodologias para a alocação de fontes de energia, especialmente no Brasil, pois aumentariam mais os benefícios proporcionados pelas características peculiares do sistema nacional de geração e operação.

As fontes alternativas complementares de energia dependem inicialmente de subsídios, na grande parte das vezes. O mercado de energia eólica, aquele que teve maior expressão entre todas as renováveis, cresceu 27% em 2007. Mesmo tendo ainda uma base pequena de geração, a potência instalada mais do que dobra a cada 3 anos no mundo. Na China ele triplicou de 2007 para 2008 enquanto nos EUA dobrou no mesmo período, assim como na Espanha que cresceu 30%, com adição de 3.500 MW a rede. Na Alemanha cresceu 8%, mesmo sob desaquecimento do mercado de energia no país. Ainda assim foram adicionados 1.700 MW ao parque eólico, que totalizou quase 22.500 MW no período. (Veiga, 2005, p. 147).

As experiências mundiais na implantação de energias complementares alternativas apresentam resultados porque, para Veiga (2005), ao contrário da situação brasileira, esses países são dependentes de combustíveis fósseis em sua matriz elétrica, tornando-se a opção também uma questão de segurança energética. No caso brasileiro, a base hídrica determina um padrão de preços menor do que os sistemas de base térmica transformando a substituição por fontes alternativas renováveis menos competitivas.

Dentro do contexto de substituição de fontes emissoras de gases de efeito estufa (GEE) essas ganham outra dimensão, fato que, por enquanto, não é prioritário dentro do setor hidrelétrico brasileiro já que as térmicas estão funcionando como reserva e ainda ingressam no sistema em sua base, e porque o Protocolo de Quioto não estabelece limitações nas emissões de GEE dos países não Anexo I nos países que implementaram a política de substituição das fontes intensivas em carbono, necessariamente foi adotado algum programa de subsídio que viabilizou a expansão das fontes alternativas complementares. (Schielling, 1997, p. 66).

Entretanto, mesmo dispondo o Brasil de uma matriz elétrica majoritariamente renovável, o que não invalida que programas de energias alternativas complementares sejam implantados. Para Schielling (1997), há limitações ambientais para a construção de hidrelétricas, que, certamente, não poderão mais contar com reservatórios cobrindo grandes áreas, característica singular do sistema brasileiro já implantado. Essa mudança contribui também para qualquer emissão de GEE geradas por grandes reservatórios que, apensar de serem pequenas, representa alguma emissão.

A participação, portanto, de fontes alternativas complementares será imperiosa em curto prazo. O que se pode realçar é que existem aspectos ainda não considerados que alterariam as condições de viabilidade de fontes renováveis alternativas. Aprimorando-se a relação de complementaridade de várias fontes, seria possível o reconhecimento das vantagens sem a configuração de uma política de subsídio.

Segundo o último relatório do Fórum Econômico Mundial (World Economic Forum, 2009), sobre investimentos verdes, estes deixaram de ser um luxo de alguns países que dispunham de financiamento para se tornar uma questão estratégica em relação à insegurança energética e as mudanças climáticas.

Mais do que uma opção, o investimento em fontes complementares alternativas renováveis de energia passou a ser uma opção estratégica dos empreendedores em razão das mudanças climática. Os volumes de investimento no setor energético são expressivos para combater os impactos das mudanças climáticas e o sucesso destas medidas depende da mobilidade coordenada de setores-chave da economia. A crise econômica global traz uma oportunidade única para investimentos em energias alternativas renováveis e de baixa emissão de GEE. Torna-se crucial, portanto, que os desafios ambientais e a retomada do crescimento, promovendo-se o diálogo entre setores privados-chave e entre estes e os setores públicos. (World Economic Form, 2009).

A geração de energia é responsável hoje por cerca de 60% das emissões de GEE no mundo. De acordo com o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (AR4-IPCC, 2007) para se estabilizar a concentração de CO₂ eq em um patamar de 450ppm em 2030 será necessária uma redução também da ordem de 60% nas emissões de GEE em relação às emissões de 1990 (World Economic Forum, 2009).

Esse desafio significa que em poucas décadas será necessária uma completa reestruturação da infraestrutura energética. Essas mudanças ainda não precisamente estimadas, giram em torno, segundo o Relatório Stern (Stern Review The Economics of Climate Change) em 1% do PIB mundial, o que significaria U\$54 trilhões, em 2007, U\$540 bilhões nos próximos 20 anos.

A Agência Internacional de Energia sinaliza nas perspectivas de 2008 um investimento de U\$550 bilhões em energias alternativas renováveis por ano até 2030 para que se estabilizem as concentrações em 450 ppm de CO₂eq. No caso da New Energy Finance's Global Futures, estima-se uma média de investimentos de U\$515 bilhões.

Essa discussão também é produto dos desdobramentos do Protocolo de Quito e seus mecanismos de flexibilização regulamentados por Conferência das Partes da Convenção Quadros das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC). Mayumi e Gowdy (1999) entendem que apesar das medidas de mitigação de emissão de gases de efeito estufa (GEE) por meio desses mecanismos ainda serem pouco expressivos, as atividades mostraram caminhos inovadores para viabilização de projetos que não tinham atividade sem a contribuição das Reduções Certificadas de Emissões geradas pelos Projetos de Mecanismo Limpo.

Até a eclosão da crise econômica, os investimentos em energias renováveis e eficiência energética vinham crescendo, excluindo-se fontes nucleares e grandes centrais hidroelétricas. Em 2004, atingiram U\$33 bilhões e foram multiplicados por quase cinco vezes em 2007, chegando a U\$148 bilhões, praticamente 10% dos investimentos com infraestrutura energética no mundo de acordo com a New Energy Finance.

Segundo o relatório "Renewables Global Status Report Energy", os investimentos em energias renováveis, incluindo biocombustíveis, são oriundos de diversas instituições públicas e privadas. Os chamados capitais de risco (venture capital) tiveram uma forte presença nas energias renováveis e 2006/2007, destinando U\$3 bilhões particularmente em biocombustíveis e energia solar. Outro grupo de grandes financiadores foram as instituições multilaterais que destinaram cerca de U\$700 milhões anuais entre 2003 e 2007 o que chamamos de segunda geração de biocombustíveis, os de origem celulósica: alga, Biomass-To-liquid (BTL), gaseificação da biomassa.

Um exemplo interessante de benchmark, ou seja, referência no tratamento de energias renováveis devido a investimentos específicos foi a Beyond Petroleum Portugal Combustíveis. Os investimentos em biocombustíveis feitos pela empresa fazem parte de sua estratégia de entrada em outros segmentos de energia e mudanças climáticas. Sua posição vanguardista criou uma pressão significativa sobre outras grandes petrolíferas fazendo com que algumas companhias, como a Shell e Texaco, incorporassem as preocupações com as mudanças climáticas em sua estratégia para não perder vantagem competitiva.

Dentre os investimentos em biocombustíveis da BP, destaca-se o aumento no envolvimento da empresa na produção, distribuição e P&D (pesquisa e desenvolvimento) para biocombustíveis de segunda geração. Em 2007, a Beyond Petroleum Portugal (2009) foi responsável pela mistura de 2,8 bilhões de litros de etanol para o mercado americano de combustíveis, considerando as operações na Europa, ela foi responsável pela comercialização de 3,7 bilhões de litros, cerca de 10% do mercado mundial.

Apesar desse esforço alardeado, de acordo com a Beyond Petroleum Portugal (2009), somando-se todos os volumes planejados para a área de energia renováveis para os próximos 10 anos (U\$8 bilhões) e os comparando com os volumes totais de investimentos pela empresa em E&P (Exploração e Produção), em 2007, U\$13,7 bilhões, a BP ainda é uma empresa predominantemente petrolífera, o importante a destacar nesse exemplo é como o envolvimento de uma empresa de grande porte em energias renováveis pode alterar os parâmetros de competição de mercado.

A Petrobrás é outro importante exemplo de investimentos em energias renováveis, uma empresa nacional com carteira agressiva de investimentos. Segundo a empresa (Petrobras, 2008), historicamente, ela sempre deu apoio à logística de distribuição e venda de biocombustíveis no Brasil, comprando o produto, misturando em seus centros de armazenagem, distribuindo pelo Brasil a mistura ou o álcool hidratado por meio de sua malha intermodal e vendendo em sua rede de varejo.

Apesar dos sinais de inclusão das fontes alternativas renováveis de energia na carteira de investimentos de grandes empresas, ainda não há mudança expressiva no montante de investimentos derivado do capital acumulado com fontes não-renováveis de energia.

5 CONCLUSÃO

O planeta passa por um momento que pode representar um divisor de águas nas opções tecnológicas dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Enquanto os primeiros associavam valor aos seus produtos por meio da intensificação da adoção de elementos de informação, os países em desenvolvimento permanecem em uma rota energo-intensiva.

Nos países desenvolvidos a expansão das tecnologias energo-extensivas passava a ser limitada pelos custos ambientais associados às mesmas. Por meio de mecanismos como cotas de emissão e maior rigidez regulatória. Essas empresas passavam a internalizar parcialmente estes custos com sistemas por meio de mecanismos como cotas de emissão e maior rigidez regulatória. A expansão destas se dava, portanto, nos países em desenvolvimento em razão de dispor de abundância de energia e recursos naturais e uma pressão regulatória menor.

As questões globais conseguiram unificar os problemas ambientais relacionados à sustentabilidade das atividades humanas. O conflito claro entre sistema econômico-produtivo e biosfera, especialmente o sistema climático, aparece como uma referência a ser considerada.

As inovações radicais recorrentes às tecnologias abandonadas no passado são essenciais para a mudança de paradigmas. Se, em vez de relegadas a coadjuvantes, tivessem um desenvolvimento paralelo de tecnologias de fontes energéticas alternativas renováveis, como o uso de biomassa, biocombustíveis, gaseificação, geração distribuída, solar térmica e fotovoltaica, eólica entre outras, o planeta não estaria diante de problemas globais tão graves.

Nos países em desenvolvimento, as políticas de eficiência energética foram retardadas devido ao endividamento externo e a falta de capacidade do Estado de investir em alternativas tecnológicas para maior eficiência do parque industrial. O corte nos investimentos induziu a um alongamento da vida útil dos equipamentos antigos de baixa eficiência concorrendo juntamente com a expansão de tecnologias energo-intensivas, para um aumento significativo do consumo energético e acabou comprometendo o desenvolvimento sustentável dessas nações. Somente na segunda metade da década de 1990 alguns desses países começaram a introduzir novas tecnologias de uso eficiente da energia, algumas vezes resultantes ou intensificados por “apagões” como aquele que houve no Brasil em 2001.

Para manter estável a relação emissões de carbono/PIB, o Brasil teria que compensar em outros setores o provável aumento da emissão que se espera na geração de eletricidade. Medidas de eficiência energética, substituição de combustíveis fósseis por biomassa e mudanças na estrutura industrial são eficazes nessa redução. De maior importador de petróleo dos países em desenvolvimento, em 1973, o Brasil passa a autossuficiência em petróleo no século XXI num contexto internacional onde seu papel é de aumento progressivo de exportações e consumo de energia para seu parque industrial cada vez mais energo-intensivo.

A ampliação do uso de tecnologias energo-intensivas, por outro lado, agrava os problemas ambientais do planeta por meio do aquecimento global, tornando-se necessário uma ruptura com as trajetórias energo-intensivas e uma generalização de trajetórias intensivas em informação, cuja mudança se constituiria numa mudança qualitativa dos sistemas energéticos e econômicos em harmonia com a biosfera.

A busca por tecnologias mais limpas se caracteriza por investimentos consideráveis em inovações, tanto por ser este um foco diferente do desenvolvimento com novos paradigmas como pela necessidade de as inovações solucionarem problemas ambientais ainda não resolvidos. Neste contexto, surge um aspecto interessante, pois a conservação do meio ambiente estimula inovação e paradigmas ou trajetórias alternativas que estimulam outras inovações e assim por diante num círculo virtuoso entre meio ambiente e progresso técnico.

Mas como induzir a adoção de tecnologias cada vez mais limpas? Estas são soluções cujo desenvolvimento e difusão dependem de fatores políticos, econômicos, tecnológicos e organizacionais. A regulação, sem dúvida, é um dos fatores mais importantes para a indução de tecnologias cada vez mais limpas. Neste caso, o desenvolvimento do aparato legal de regulamentação ambiental nos últimos 30 anos tem gerado pressão interna no sentido de adoção de tecnologias ambientalmente mais adequadas.

O financiamento de pesquisa, para desenvolvimento de sistemas de aperfeiçoamento de tecnologias e uso de energias renováveis, é básico. Caso o estímulo econômico fosse o mesmo daqueles utilizados nas fontes convencionais ou para o socorro aos sistemas financeiros internacionais, possivelmente, teríamos rotas tecnológicas para sistemas energéticos renováveis e todos os equipamentos deles decorrentes muito mais harmônicos com a biosfera.

A opção, portanto, está no uso racional dos recursos energéticos não renováveis convencionais para que se tenha tempo de desenvolvimento competitivo das tecnologias de uso de fontes alternativas renováveis de energia. Os mecanismos regulatórios e de incentivo devem estar voltados para o desenvolvimento dessas tecnologias, além dos sistemas nacionais de inovação integrados em um grande esforço de inovações radicais para o setor energético.

REFERÊNCIAS

BEYOND PETROLEUM. **Annual Report and Accounts 2008**. 2009.

BIG. **Banco de informações de Geração**. ANEEL, 2009.

CECHIN, A.; VEIGA, J. E. O fundamento central da Economia Ecológica. In: MAY, P. (org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

D'ARAÚJO, R. P. **O setor elétrico brasileiro: uma aventura mercantil**. Brasília: Confea, 2009.

D'AVIGNON, A. **O processo de inovação tecnológica como elemento destacado no desenvolvimento dos sistemas energéticos e seus impactos ambientais**. 2007.

Disponível em:

https://agora.ie.ufrj.br/pdf/Alexandre_d_Avignon/15.O_Processo_de_Inovacao_Tecnologica_a_como_Elemento_Destacado.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

D'AVIGNON, A. O processo de inovação tecnológica como elemento destacado no desenvolvimento industrial e seus impactos ambientais. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 22., 2002, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: FEA/USP, 2002.

FURTADO, A. **A crise energética e trajetórias do desenvolvimento tecnológico**. Ciclo de Seminários. Paper, Rio de Janeiro, 2003.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOWDY, J.; ERICKSON, J. D. The approach of ecological economics. **Cambridge Journal of economics**, v. 29, n. 2, p. 207-222, 2005.

KEMP, R.; SOUTE, I. The Greening of Technological Progress. **Futures**, v. 24, n. 5, p. 437-457, 2002.

NELSON, R.; WINTER, S. **An Evolutionary Theory of Economic** Change. Cambridge: Harvard University Press. 2002.

PETROBRAS. **Relatório Anual de Atividades**. 2008.

ROMEIRO, A. R. Economia ou Economia Política da Sustentabilidade. In: MAY, P.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (org.). **Economia do Meio Ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: EcoEco & Editora Campus, 2003. p. 1-29.

SCHELLING, T. C. The Cost of Combating Global Warming. **Foreign Affairs**, 01 nov. 1997. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/articles/1997-11-01/cost-combating-global-warming>. Acesso em: 10 jan. 2024.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento Sustentável**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 2005.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Green Investment**: Toward a Clean Energy Infrastructure Report. 2009. Disponível em: https://www.astrid-online.it/static/upload/protected/WEF_/WEF_Green_investing_01_09.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.