



O DESAFIO DA MATRIZ ELÉTRICA NO ESTADO DO PARÁ

Fabício Quadros Borges¹

Désirée Moraes Zouain²

RESUMO

O objetivo neste trabalho é analisar o posicionamento estratégico da matriz elétrica do Pará na promoção do desenvolvimento sustentável no Estado, onde a segurança energética e as questões ambientais são determinantes em termos de competitividade. Nesse sentido, no presente estudo pretende-se propor ações que visem a transformações na matriz de eletricidade paraense para aperfeiçoar seu posicionamento na intenção de favorecer o desenvolvimento sustentável no Estado. A metodologia desta investigação foi composta por três etapas. Na primeira, realizou-se um levantamento de dados e informações a respeito do posicionamento adotado pela China, diante da necessidade de transformação de suas matrizes elétricas assim como, observou-se o reflexo das ações destes governos. Na segunda etapa, analisou-se o cenário energético do Pará, por meio da composição de seu balanço elétrico (BEEPA, 2006), e avaliou-se a possibilidade de inserção, nas especificidades econômicas, tecnológicas e naturais do Estado, de fontes de eletricidade utilizadas estrategicamente por estes governos no reposicionamento de suas matrizes elétricas. Por fim, o estudo contribui para a modificação do posicionamento energético paraense por intermédio de uma proposta de matriz elétrica para 2020.

Palavras-chave: Matriz elétrica. Desenvolvimento sustentável. Fontes de energia. Meio ambiente. Estado do Pará.

1 Administrador de Empresas, Economista, Pós-Doutor pelo IPEN/USP, Doutor e Mestre pelo NAEA/UFGA, Prof. Dr. pelo IFPA, Av. Almirante Barroso, 1155, Bairro: Marco, Belém-PA, CEP 66093-020 tel. (91) 32011709, fax: (91) 3226-9710 doctorborges@bol.com.br

2 Física, Mestre em Engenharia Nuclear pela COPPE/UFRJ, Doutora em Tecnologia Nuclear com ênfase em Gestão de Tecnologia e Inovação pelo Programa de Pós-graduação IPEN/USP, Profa. Dra. no IPEN/USP, Coordenadora de Projetos do Núcleo de Política e Gestão Tecnológica da USP. Av. Prof. Luciano Gualberto 908, Cidade Universitária - USP, São Paulo, SP, CEP 05508-900, tel./fax: (11) 38184011,dzouain@uol.com.br



ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the strategic positioning of the energy matrix of Para State in promoting sustainable development in the State, where energy security and environmental issues are crucial in terms of competitiveness. In this sense, this study intends to ask what changes can be done in the Para State energy matrix to encourage sustainable development in the region. The methodology of this research was composed of three steps. At first, we carried out a survey of data and information about the positions taken by China, the need for processing power of its headquarters, as well, there was the result of actions implemented by the government. In second place, the analysis of the energy scenario of Para state, through the composition of its electrical balance (BEEPA, 2006), and evaluated the possibility of inclusion in the economic, technological and natural state, sources electricity used strategically by those governments in the repositioning of its electric arrays. Finally, the study contributes to the modification of the energy matrix positioning of the Para State through a proposed electricity matrix for 2020.

Keywords: Electrical Matrix. Sustainable Development. Energy Sources. Environment. Para State (Brazil)

1. INTRODUÇÃO

A matriz elétrica compreende a disposição futura, de modo quantificado e ordenado, das diversas formas de geração de eletricidade disponibilizadas, aos processos produtivos em um determinado contexto espacial e tem o objetivo de servir de instrumento para o estabelecimento de políticas de uso estratégico da energia. Em vista disso, este insumo tem sido tratado como um bem de natureza estratégica que transita por dimensões econômicas, sociais, ambientais e tecnológicas. As condições de disponibilidade de eletricidade em quantidade, qualidade e custos competitivos determinam a capacidade das sociedades assegurarem determinados dados econômicos representativos do padrão de vida. Este padrão, porém, muitas vezes é estabelecido a partir da utilização de fontes de eletricidade causadoras de significativos impactos ao meio ambiente, considerando que são passíveis de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Diante deste cenário, a necessidade de transformação da matriz elétrica representa hoje um dos



maiores desafios da agenda energética internacional.

No mundo, os investimentos em energias renováveis, como a eólica, solar e a biomassa, ao longo de 2007, registrou crescimento de 60% em relação ao ano anterior, com US\$ 148 bilhões aplicados no setor (PNUMA, 2007). Ainda assim, as emissões de GEE oriundas de fontes energéticas nunca foram tão expressivas. De acordo com IPCC/ONU (2007), as emissões de GEE correspondem a 49 bilhões de toneladas de CO₂ lançadas todos os anos na atmosfera. Dessas, aproximadamente 26 bilhões de toneladas estão vinculadas à produção de eletricidade (IPCC/ONU, 2007). Em face às crescentes preocupações com o meio ambiente, os países que melhor posicionarem suas matrizes elétricas por meio da utilização de fontes de baixo impacto ambiental e de baixo custo, são passíveis de obtenção de vantagens comparativas determinantes aos seus processos de desenvolvimento.

No Brasil, a geração de eletricidade baseia-se notadamente na utilização da força da água por meio de usinas hidrelétricas. Este cenário se pauta na abundância de recursos naturais a baixos custos em termos relativos, notadamente na região amazônica. Porém, como bem observam Tolmasquim *et al.* (2007), a questão que se coloca para o futuro reside na capacidade do país em manter esta vantagem comparativa e, ainda, garantir à população o amplo acesso a este insumo. No Pará, Estado localizado na região amazônica, detentor de grandes potencialidades naturais e de notado potencial exportador de eletricidade (BORGES, 2007), os desafios não estão apenas associados à garantia da disponibilidade deste insumo. A redução das desigualdades e da pobreza, a universalização do acesso à eletricidade e a minimização dos custos e dos danos ambientais oriundos de sua geração, em muito caracterizam a realidade paraense. O seu grande potencial hidrelétrico a partir de grandes projetos é classificado como energia limpa, que cada vez mais procura atender a crescente demanda por eletricidade. Contudo, a construção destes projetos implica em bruscos impactos no ciclo hidrológico e mudanças no meio ambiente de modo geral.

Diante deste panorama, destaca-se que o Estado do Pará precisa estar preparado para enfrentar a insegurança na oferta de eletricidade e o desafio da problemática ambiental. Neste sentido, o presente estudo pretende propor ações que visam transformações na matriz elétrica paraense na intenção de aperfeiçoar seu posicionamento na promoção do desenvolvimento sustentável no Estado.



Parte-se da hipótese de que o setor elétrico paraense não pode prescindir de desenvolver um processo de diversificação na disposição das fontes de eletricidade, na medida em que esta ação representa uma resposta aos novos padrões de competitividade e aos problemas ambientais inerentes que decorrem da geração e uso de eletricidade. O objetivo deste estudo, portanto, é o de analisar o posicionamento estratégico da matriz elétrica do Pará na promoção do desenvolvimento sustentável no Estado, onde a segurança energética e as questões ambientais são determinantes em termos de competitividade.

A estrutura desta investigação, além desta introdução, compõe-se de quatro partes: procedimentos metodológicos, referencial teórico, análise e discussão de resultados e considerações finais.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia foi dividida em três etapas: a) na primeira realizou-se uma coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica, que abrangeu a leitura e interpretação de livros, periódicos, instrumentos jurídicos, documentos e de um levantamento de dados secundários junto a órgãos nacionais e internacionais atuantes no cenário energético. Efetuou-se um tratamento de dados para enumerar medidas governamentais realizadas e suas perspectivas na construção de novas matrizes elétricas, a partir de estratégias ambientalmente coerentes ao novo cenário mundial, ocasionado pelos novos padrões competitivos e pelo aquecimento global. Este tratamento de dados foi construído a partir de da realidade chinesa por esta representar-se por governo que enfrenta a necessidade de transformação de sua matriz elétrica. b) Na segunda etapa, analisou-se o cenário energético do Estado do Pará por meio da composição de seu balanço de energia elétrica e, ainda, avaliou-se a possibilidade de inserção, nas especificidades regionais do Pará, de fontes de eletricidade utilizadas estrategicamente pelos governos destes países no reposicionamento de suas matrizes elétricas. c) A última etapa, caracterizou-se pela contribuição ao posicionamento energético paraense por meio de uma proposta de matriz elétrica para 2020.

A opção pela realidade chinesa se deu em virtude de caracterizar-se como um país em processo de desenvolvimento, e, portanto, revelando elementos sociais e econômicos mais aproximados à realidade verificada no Estado do Pará. São eles: o consumo *per capita* de eletricidade, o índice



de desenvolvimento humano (IDH), o ritmo de crescimento de consumo de eletricidade com base hídrica, a relevante participação da atividade mineral na economia e a participação da indústria no consumo de eletricidade.

Observou-se que em 2008, a China consumiu 2, 859 trilhões de kW/h, o que lhe atribuiu um consumo *per capita* de 2.149 kWh/hab. No Estado do Pará, no mesmo ano, o consumo de eletricidade foi da ordem de 16, 341 bilhões de kWh, o que resultou em um consumo *per capita* o de 2.189 kWh/hab., resultando em valor similar ao dos chineses. Quanto ao IDH, constatou-se que na China, em 2008, o índice foi de 0, 762, enquanto que no Estado paraense o mesmo índice, no ano de 2005, apuração mais recente, indicou 0, 755, o que coloca as duas realidades classificadas como de médio desenvolvimento humano. No que concerne ao ritmo de consumo de eletricidade, verificou-se que a China, apesar de apresentar uma predominância de fonte térmica em sua matriz, é a terceira maior consumidora mundial de hidroeletricidade com uma taxa média de crescimento anual de consumo, que registrou entre 1985 e 2005, 7,2% (BP GLOBAL, 2008). No Pará, segundo Borges (2007), a hidroeletricidade é dominante em sua matriz elétrica, a taxa média de crescimento anual de consumo desta fonte entre 2000 e 2008, excluído o ano atípico do racionamento (2001), foi de 7,6%, o que caracteriza uma variação na taxa percentual de crescimento, aproximada à realidade chinesa. A relevante participação da atividade mineral na economia também representa uma característica estrutural de ambas as realidades. A China caracteriza-se como uma das detentoras das mais ricas reservas do mundo. O Estado do Pará, por seu turno, é a unidade federativa que concentra algumas das maiores reservas mineral brasileira.

Por fim, quanto à participação da indústria no consumo de eletricidade, verificou-se que em 2005, a China e o Pará direcionaram cerca de 75% da eletricidade gerada para alimentar suas indústrias, com 70,1% e 77,2% respectivamente. O método de trabalho estabeleceu estrategicamente quatro dimensões de análise para avaliar as possibilidades de utilização de algumas fontes de geração de eletricidade no Pará, a saber: econômica, social, ambiental e tecnológica.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Observou-se que a matriz elétrica chinesa possui uma ampla participação do carvão mineral que alimenta a quase totalidade das usinas



térmicas. Na atual política energética chinesa, o carvão consiste em fonte estratégica para a expansão econômica e pretende-se aumentar a produção deste insumo. A matriz atual é resultado de uma tendência iniciada nos anos 90 e que exige do Governo chinês, investimentos que promovam inovações capazes de modificar gradualmente sua matriz elétrica. Os esforços governamentais para a modificação da matriz estão sendo direcionados à ampliação da participação da hidroeletricidade, da energia nuclear e do gás natural. De acordo com a BP Global (2008), a hidroeletricidade cresce a uma taxa anual de 7,2%, a energia nuclear evolui a taxa de 27,7% e a energia a partir de gás natural cresce a uma taxa de 25%. A seguir, observa-se o balanço energético chinês em 2008, em que se verifica a predominância do carvão como fonte de eletricidade, e uma aproximação ora proposta do que se prevê que seja a matriz elétrica da China para 2020 (Tabela 1), como resultado de uma estimativa tendencial de investimentos baseada no ritmo de crescimento de cada fonte de eletricidade naquele país.

Tabela 1 - Balanço de eletricidade em 2008 e a Matriz elétrica para 2020 na China.

Fontes de eletricidade	2008	2020
Hídrica	18%	25,3%
Nuclear	2,6	3,6%
Carvão mineral	75,1	60,1%
Eólica, solar, biom.e peq. hidrel.	3,7	9%
Outros	0,6	2%
Total	100%	100%

As medidas tomada pelo Governo da China procuram estabilizar suas emissões até 2020 por meio de investimentos anuais da ordem de US\$ 33 bilhões (Ver Tabela 2).



Tabela 2 - Medidas governamentais para a alteração da matriz elétrica na China e o novo cenário de desenvolvimento.

MEDIDAS GOVERNAMENTAIS	NOVO CENÁRIO DE DESENVOLVIMENTO
<ul style="list-style-type: none"> • Em 2007, os investimentos anuais direcionados para a ampliação da infra-estrutura de utilização de fontes alternativas de eletricidade foram da ordem de US\$ 12 bilhões. • Aprovação de um plano de investimentos anuais de US\$ 33 bilhões até 2020 na intenção de sustentar o ritmo de crescimento econômico, a partir de uma maior participação de fontes alternativas de eletricidade. 	<p>Dimensão econômica: Os investimentos devem impedir que o crescimento econômico, baseado em produtos agrícolas e pecuários, na indústria e na mineração, seja estrangulado por déficits de eletricidade</p> <p>Dimensão social: A diminuição das externalidades sociais da utilização do carvão mineral como principal fonte. O trabalho nas minas de carvão, muito duro e perigoso, é uma opção de emprego e sustento para os chineses das camadas menos favorecidas.</p> <p>Dimensão ambiental: as medidas procuram reduzir o uso do carvão como fonte de energia na medida em que o processamento e a combustão deste insumo libera grandes quantidades de gases poluentes que contribuem com cerca de 80% das emissões de gás carbônico no país.</p> <p>Dimensão tecnológica: os investimentos resultarão em inovações infra-estruturais capazes de elevar de aproximadamente 7% para cerca de 15% o percentual de energia com baixo uso de carbono até 2020.</p>

A seguir, analisa-se o panorama elétrico no Estado do Pará por meio de suas realidades e possibilidades futuras na articulação de medidas sustentáveis no campo energético. O Pará compreende uma área geográfica de 1.247.689,515 km² e uma população estimada de 7.431.020 habitantes (IBGE, 2007), o que registra ao Estado uma densidade populacional de 5,95 hab/Km². A base produtiva paraense encontra-se pautada em dois pilares: na agroindústria e na produção mineral. O Produto Interno Bruto (PIB) do Estado paraense, em 2006, foi de R\$ 44,376 bilhões, o que representou um crescimento de 7,11% em relação ao ano anterior, computando a terceira maior variação real entre os Estados do Brasil. Este incremento foi superior à taxa do País, 3,97% (SEPOF, 2006).

A história da geração de eletricidade no Estado está muito atrelada à construção da Usina hidrelétrica de Tucuruí, com potência inaugural, em 1984, de 3.960 MW. Em 1980, a participação da fonte hídrica na geração de



eletricidade no Estado paraense era de 4%, contra 96% oriunda de fonte térmica (Ver Tabela 3). No ano de 1985, com o potencial gerado a partir de Tucuruí, a produção de eletricidade a partir de fonte hídrica cresceu notadamente para 92% e colocou o Estado na condição de exportador de eletricidade. Em 1990, esta participação alcançou 98%. No ano de 2005, registro mais recente do balanço elétrico no Estado, a participação hídrica foi de 96%, contra 2,5% oriunda de óleo combustível, 1% proveniente de fontes renováveis, sobretudo, biomassa e Pequenas hidrelétricas e 0,5 de outras fontes (BEEPA, 2007). Com relação às demais fontes, a principal é o carvão vegetal, utilizado basicamente na indústria de ferro gusa e aço.

Tabela 3 - Balanço de eletricidade do Estado do Pará (1980-2005).

Fontes de eletricidade	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Hídrica	4%	92%	98%	96%	97%	96%
Óleo combustível	72%	4%	1,5%	2%	2%	2,5%
Eólica, solar, biomassa e Peq. Hidrel.	17%	2%	0,5%	1%	0,5%	1%
Outras	7%	2%	-	1%	0,5%	0,5%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

A geração de eletricidade a partir de fonte hídrica se caracteriza como uma energia renovável. Conforme Walisiewicz (2008), as usinas hidrelétricas baseiam-se em fundamentos simples. As turbinas retiram energia da água que corre pelo rio, usando-a para acionar geradores elétricos (sistema que transforma energia mecânica em eletricidade por meio da energia cinética). A barragem exerce um controle sobre a quantidade de água que flui nas turbinas, de modo que a produtividade da usina é regulada de acordo com a demanda.

Todavia, este panorama observado há décadas no Pará, definitivamente não colabora, em médio ou longo prazo, para a redução das emissões de GEE por parte de sua matriz elétrica. A fonte hídrica, como qualquer projeto de geração de eletricidade, ocasiona impactos no ciclo hidrológico e mudanças no meio ambiente de modo geral. Os resultados dos estudos de Fearnside (2004) registram o desaparecimento de espécies de fauna e flora, em perda de qualidade de vida das populações atingidas e em ameaças à existência de vários grupos sociais.

A emissão de GEE representa outro grave problema causado pelos grandes empreendimentos hidrelétricos no Pará. Em estudos de mensura-



ção das emissões de dióxido de carbono CO₂ e de gás metano CH₄ a partir de fontes hídricas no Estado, com base metodológica a partir de Santos (2000), verificou-se que entre 1995 e 2005, esta fonte de energia lançou à atmosfera cerca de 90 milhões de toneladas de gases causadores do efeito estufa. A construção de uma barragem provoca uma alteração em que as águas passam de um sistema corrente, chamado lótico, para um sistema de água parada, chamado lêntico. Com o reservatório implantado, várias toneladas de matéria orgânica entram em decomposição no fundo da represa liberando gás carbônico e metano (FEARNSIDE, 2004). Neste sentido, não é surpresa a constatação de Walisiewicz (2008), quando afirma que as preocupações com a viabilidade econômica das grandes hidrelétricas e com os significativos impactos ambientais oriundos da construção de barragens e reservatórios reduziram o ritmo mundial de crescimento deste tipo de geração a uma modesta taxa de 1,5% ao ano.

Ao analisar o Balanço elétrico de 2008 da China (“Análise própria junto às referências do texto – Centro Nacional de Estatística da China, 2008”), em comparação à realidade no Pará, chama-se atenção ao desafio do Governo chinês que procura reduzir a dependência do carvão em sua matriz elétrica e ao mesmo tempo sustentar a expansão produtiva desse insumo para garantir o ritmo de expansão econômica. No caso paraense, apesar de possuir uma matriz elétrica predominantemente renovável, o Estado também poderia reduzir a dependência da fonte hídrica, de modo a atenuar seus amplos impactos ambientais, porém, o Pará também precisa sustentar o ritmo de crescimento das demandas por essa fonte energética.

A expansão das fontes renováveis na China, em combinação com suas potencialidades naturais, tende a avançar, sobretudo, por meio das fontes: nuclear e de gás natural. O planejamento de ampliação da fonte hídrica e eólica detém expectativas menores. Nesta perspectiva, o Estado do Pará deve promover investimentos para a identificação e implantação do uso de fontes potencialmente adequadas a sua realidade, na tentativa de contar com alternativas mais limpas de geração de eletricidade. É neste cenário complexo e composto de dimensões econômicas, sociais, tecnológicas e ambientais, que o Pará deve enfrentar o desafio de rever sua matriz elétrica de modo a garantir a quantidade e a qualidade deste insumo, a partir de bases diversificadas e sustentáveis de geração de eletricidade. A seguir, apresenta-se uma breve análise de algumas fontes de energia alternativa que poderiam ser utilizadas mais intensamente no estado do Pará. São elas a biomassa e solar.



4.1. Biomassa

O Pará, por sua vez, possui um expressivo potencial de biomassa a partir de lenha e resíduos. O Estado é o terceiro maior beneficiador de espécies florestais do Brasil, conseqüentemente gera grande quantidade de resíduos, o que representa potencial significativo para utilização dessa biomassa para fins energéticos. No município de Paragominas, por exemplo, pertencente à mesorregião Sudeste do Estado, cada hectare em área de floresta intacta registra uma concentração de 309 toneladas de biomassa no solo (GERWING e VIDAL, 2002). Se apenas a metade dessa quantidade de biomassa fosse utilizada para a geração de eletricidade, com base em um poder calórico de 3.300 kcal/kg e uma eficiência de 20% no processo de geração de eletricidade, seria possível gerar 118 MWh para atender a população (SILVA, 2005). A lenha desempenha um papel estratégico neste cenário. Em 2005, a lenha participou com 47,6% da oferta interna bruta de energia primária (BEEPA, 2007), porém, esse insumo possui utilização ainda incipiente na geração de eletricidade no Estado. A maior parte do potencial de biomassa, a partir de material lenhoso, encontra-se nos municípios paraenses do sistema interligado nacional, podendo ser aproveitado como autoprodução, sendo viável também em muitos casos o transporte de biomassa para municípios componentes do sistema isolado, em que o custo do kWh da geração a partir de biomassa for menor que o custo da geração a óleo combustível (PADILHA *et al.*, 2005). Neste processo, a estrutura logística possui participação fundamental.

Quanto aos custos de utilização da biomassa, Padilha *et al.* (2005) observam que, levando-se em consideração que as usinas a vapor detêm custos menores de operação, se comparadas às usinas a diesel e devido à atratividade técnica e econômica, as usinas termoelétricas podem ser implantadas com sucesso no Pará. A mesorregião do Marajó foi aquela que apresentou melhor possibilidade de aproveitamento da biomassa dentro da própria área, pois necessitou de pouca biomassa proveniente de outra mesorregião, uma vez que possui um potencial de geração com biomassa energética em torno de 16 MW. A biomassa compreende uma fonte renovável de baixo custo e menos poluente, que pode representar uma alternativa bastante razoável se estabelecida em média escala no Estado do Pará.



4.2. Solar

A utilização da energia solar para a geração de eletricidade pode ocorrer de duas maneiras: indiretamente, gerada pelo uso do calor que alimenta uma central termelétrica; e diretamente, gerada pela utilização de painéis fotovoltaicos. Este tipo de fonte energética é considerado limpo, renovável e inesgotável. Nas emissões de CO² por meio dos estágios de produção de energia, a energia solar é a que menos lança CO² na atmosfera, o que a recomenda estrategicamente como fonte complementar de geração de eletricidade.

As principais desvantagens da fonte solar são: o alto custo de implantação de placas termo-solares, muito onerosas para viabilizar a produção de eletricidade em grande escala, e sua irregularidade na forma de distribuição uniforme, o que requer grandes áreas de coleta e sistemas de armazenamentos. O potencial de geração de empregos a partir da energia solar pode ser demonstrado por meio da composição dos segmentos da cadeia produtiva, desde o beneficiamento do quartzo (mineral não-metálico de onde se extrai o silício, insumo dos painéis fotovoltaicos) até a produção e distribuição da energia solar propriamente dita. No tocante ao beneficiamento do quartzo, destaca-se que, de acordo com o DNPM (2005), o Pará possui reservas de quartzo da ordem de 1.627.994 t, notadamente em Breu Branco e Marabá, municípios pertencentes à mesorregião Sudeste do Estado, o que equivale a 36,6% das reservas nacionais deste mineral. Inserem-se ainda no ambiente em cadeia, as transações decorrentes do processo natural de interação entre os segmentos da cadeia produtiva.

No Estado paraense, a utilização da fonte solar é indicada graças a uma grande quantidade de radiação solar que o Estado dispõe durante todo o ano. Conforme Marques Filho e Dallarosa (2004), a Amazônia recebe, em média, 400 calorias por centímetro diariamente, onde dessas, cerca de 120 referem-se ao território paraense, quantidade que é muitas vezes maior que a demanda do Estado. O desenvolvimento de modernos painéis, compostos com películas de telureto de cádmio tendem em curto prazo a disponibilizar ao mercado, níveis de eficiência capazes de traduzir a energia solar em eletricidade a partir de custos estimados de R\$ 0,11/KW/h (INPI, 2008). A conduta estratégica deve prezar por centrais de pequeno e médio porte, já que esta fonte de eletricidade pode ser encontrada potencialmente em qualquer lugar do Estado do Pará. Áreas do Sudoeste e Noroeste paraense seriam propícias para iniciar a implantação de painéis fotovoltaicos.



4.3. Análise de desempenho da Biomassa e da fonte solar no Estado do Pará

Observadas as potencialidades e limitações das fontes: hídrica, biomassa, solar, eólica e nuclear, apresenta-se uma análise global da avaliação de possibilidades de inserção na matriz elétrica paraense de algumas destas fontes. As dimensões utilizadas nesta análise foram a econômica, social, ambiental e tecnológica, por melhor caracterizarem o ambiente do desenvolvimento sustentável (Ver Tabela 4). A fonte hídrica, recomendada em maior proporção de utilização, deve diminuir sua participação na matriz paraense. A redução, de 96% registrado em 2005 para a meta de 80% em 2020, não equivale à desativação de parte de potencial hídrico estadual, mas por meio do atendimento proporcional do crescimento da demanda a partir de outras fontes de energia. A biomassa e a solar compreendem duas fontes a serem difundidas em médio prazo e devem possuir destacado papel no processo de transformação da matriz elétrica. Estas fontes devem responder por 12% e 7%, respectivamente, na matriz de 2020. Hoje, estas fontes respondem por 1% da participação na geração de eletricidade. As “outras” fontes não devem ultrapassar 1%, registrando-se que, a quase totalidade desta participação refere-se a utilização de óleo combustível para a geração elétrica, ou seja, combustível fóssil.

As empresas envolvidas com a cadeia energética de fontes de biomassa e solar no Pará deverão formar dois importantes setores que juntos movimentarão cerca de R\$ 30 milhões e gerarão aproximadamente 20.000 empregos diretos nos próximos 10 anos. No caso da biomassa, destaca-se que sua produção é intensiva de trabalho, e não de capital, como o petróleo, por exemplo. Esta indústria gera 300 empregos por usina, nestes não estão inclusos os coletores de biomassa e os empregos para quadros qualificados, que são aqueles envolvidos em pesquisa de espécies, processos de transformação industrial e novas utilizações. Neste sentido, com base no potencial estadual estimado, esta indústria teria capacidade de gerar no decorrer de 10 anos 12.000 empregos diretos e 36.000 indiretos. Quanto à indústria solar, a realidade brasileira demonstra que a cada 32 painéis fotovoltaicos, aproximadamente, um emprego direto é gerado. No caso paraense, o potencial de produção anual poderia ser de 260.000 painéis, o que geraria cerca de 8.000 empregos diretos nos próximos 10 anos.

Tabela 4 - Análise do grau de desempenho, por dimensão, das fontes de geração de eletricidade com base na realidade do Estado do Pará

FONTES	DIMENSÕES	ANÁLISE	GRAU DE DESEMPENHO
BIOMASSA	Econômica	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de uma pequena central: R\$ 80,00/MW (baixos). • Custo médio estimado pela ANELL: R\$ 89,90/MW 	3
	Social	Geração de empregos: 300 empregos diretos e indiretos por central.	2
	Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões de gases poluentes: nula. • Ameaça de devastação se cada central operar além de 80MW e se não houver gestão eficiente de coleta de materiais. 	2
	Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de geração: 309 toneladas de biomassa por hectare em algumas mesorregiões. Capacidade correspondente a geração de 236 MW, caracterizando um rendimento médio.	2
SOLAR	Econômica	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de instalação de sistema fotovoltaico com 50 painéis de 1,98 KW/PICO: R\$ 65.000,00 (alto) • Os custos são 3 vezes maiores do que aqueles verificados em outras fontes. 	1
	Social	Geração de empregos: média de 1 emprego direto para cada 32 painéis fotovoltaicos. Considerada de médio impacto na cadeia produtiva solar no Pará.	2
	Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Emissões de gases poluentes na construção da central: 5 toneladas/GWh. • Emissões em sua operação: nula. Em cômputo global é considerada como uma das fontes de menor emissão de gases. 	3
	Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de radiação solar: cerca de 120 calorias por centímetro diariamente, quantidade que é muitas vezes maior que a demanda do Estado. Características infra-estruturais: exige grandes áreas uniformes em locais estratégicos para instalação dos painéis.	2



A participação mais atuante da biomassa e da radiação solar como fontes energéticas, na matriz elétrica paraense, este novo cenário reduziria a contribuição paraense na emissão de gases a partir de fontes de eletricidade e demonstraria uma iniciativa de compensar uma pequena parte dos impactos causados ao aquecimento global pelas imensas áreas alagadas, por ocasião das Usinas de Tucuruí (ELETRONORTE) e de Curuá-Una (CELPA), ambas no Pará.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, o processo de diversificação da matriz elétrica paraense por meio de fontes renováveis de energia alternativa, como biomassa, radiação solar e até mesmo de pequenas hidrelétricas possui dois papéis estratégicos no reposicionamento da matriz elétrica do Estado em direção ao seu desenvolvimento sustentável. O primeiro caracterizado por um esforço concreto de solucionar problemas ambientais oriundos de fontes de geração de eletricidade no Estado, na medida em que reduz as emissões atmosféricas de gases poluentes. O segundo pertinente ao combate à pobreza por meio da geração de empregos e da oferta de oportunidades, a partir de uma cadeia produtiva local de tecnologia energética não dependente de importações. É relevante destacar ainda, oportunamente, que as formas de utilização e distribuição da eletricidade gerada no Pará, também possuem interferência no processo de desenvolvimento do Estado.

Por fim, convém destacar que o esforço de construção de matrizes mais comprometidas com os desafios competitivos e ambientais apresentados pelo panorama internacional na atualidade, deve ser resultado de um plano nacional sustentável e integrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA. *Centro de notícias*. Viena: IAEA, 2008. Disponível em www.iaea.org/NewsCenter/index.html. Acesso em 25 de setembro de 2008.

ARAGÓN, L. E. Desenvolvimento sustentável e cooperação internacional. In: XIMENES, Tereza (Org.) *Perspectivas do desenvolvimento sustentável*. Belém: NAEA/UFPA, 1997. p. 577-604.



- BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DO PARÁ (2006). Belém: BEEPA, 2007.
- BORGES, Fabrício Quadros. *Setor elétrico e desenvolvimento no Estado do Pará: uma análise estratégica de indicadores de sustentabilidade*. Belém: NAEA/UFPA, 2007 (Tese de Doutorado).
- BP GLOBAL <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>. Acesso em 5/06/2008.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Balanço de Energia Útil*. Brasília, 2006.
- BRUYN, S.; DRUNDEN, M. *Sustainability and indicators in Amazon: conceptual framework for use in Amazon*. Amsterdam: VRIJE, 1999.
- CAMARGO, A. S. G.; UGAYA, C. M. L.; AGUDELO, L. P. P. Proposta de definição de indicadores de sustentabilidade para geração de eletricidade. *Revista Educação e Tecnologia*, Rio de Janeiro: CEFET/PR/MG/RJ, 2004.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL. *Relatório de utilização de fontes alternativas de eletricidade*. Brasília, 2002.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DO PARÁ. *Relatório da administração: exercício de 2008*. Belém, 2009.
- _____. *Relatório da administração: exercício de 2005*. Belém, 2006.
- CENTRO NACIONAL DE ESTATÍSTICA DA CHINA. <http://www.stats.gov.cn/english/statisticaldata/yearlydata/>. Acesso em 5/06/2008.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. *Anuário Mineral Brasileiro*. Brasília: MME, 2005.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *International energy outlook*. Washington:
- EIA, 2008. Disponível em www.eia.doe.gov/oiaf/archive. Acesso em 14 de janeiro de 2008.
- FEARNSIDE, P. M. *A floresta amazônica e as mudanças globais*. Manaus: INPA, 2004.
- GERWING, J.; VIDAL, E.; VERÍSSIMO, A.; UHL, C. *Rendimentos no processamento de madeira no Estado do Pará*. Belém, Série Amazônia. Nº18. Instituto do homem e meio ambiente da Amazônia – IMAZON, 2002.



GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. *Política energética no Brasil*. São Paulo: IEA/USP, 2005.

HUEBLIN, H. J. *Modelo para aplicação da metodologia Zeri: Sistema de aproveitamento integral da biomassa de árvores de reflorestamento*. Curitiba: CEFET-PR, 2001 (Dissertação de Mestrado).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapas interativos*. Rio de Janeiro, 2008.

_____. *Estimativas populacionais*. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 25 de dezembro de 2009.

_____. *Indicadores*. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 02 de agosto de 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL. *Revista de propriedade industrial*. Nº. 1951. São Paulo, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Fourth assessment report. Boston, 2007.

KITAMURA, P. C. *A Amazônia e o desenvolvimento sustentável*. Brasília: EMBRAPA, 1994.

MARIN, R. E. A. Amazônia: o custo ecológico das hidrelétricas. In: MAGALHÃES, S. B.;

BRITTO, R. C. e CASTRO E. R. (Org.) *Energia na Amazônia*. Belém. UPEG/UFPA/UNAMAZ, 2000. V. II

MARQUES FILHO, A. de O. e DALLAROSA, R. G. Interceptação de radiação solar e distribuição de área foliar em floresta de terra firme na Amazônia central. *Revista Acta Amazônica*. Manaus, 2004.

PADILHA, J. L.; RENDEIRO, G.; BRASIL, A. C. M.; SANTOS, R. E. de J. e PINHEIRO, G. Potencial de geração de eletricidade no Estado do Pará: utilizando a biomassa do setor madeireiro. *Revista Biomassa e Energia*. V. 2, Nº.4, P. 267-284. 2005.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. Objetivos de desenvolvimento para o novo milênio: relatório nacional de acompanhamento, 2007.



REDCLIFT, M. *Sustainable development: exploring the contradictions*. London: Routledge, 1987.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. *Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Manole, 2005 (Coleção Ambiental).

RENDEIRO, G. Experimental analysis of assai palm biomass for energy power generation. In: *7th International Conference on Energy for a Clean Environment*. Lisboa, 2003.

SANTOS, M. A. *Inventário das emissões de gases de efeito estufa derivados de hidrelétricas*. 2000. 523 f. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia. Rio de Janeiro:

UFRJ, 2000 (Tese de Doutorado).

SECRETARIA EXECUTIVA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS - SEPOF. *Relatório da diretoria de estudos, pesquisas e informações socioeconômicas*. Belém, 2006.

_____. *Relatório da diretoria de estudos, pesquisas e informações socioeconômicas*. Belém, 2004.

SILVA, M. V. M. da. *A dinâmica excludente do sistema elétrico paraense*. São Paulo: EP/FEA/IEE/IF-USP, 2005 (Tese de Doutorado).

SOUZA, R. C. R.; SILVA, E. P.; e SANTOS, E. C. S. dos. Elementos contemporâneos que oportunizam o uso de biomassa lenhosa para fins energéticos na Amazônia. *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 11 Nº. 1. Rio de Janeiro: SBPA, 2007.

SPANGENBERG, J. H. *Measuring and communicating sustainability with indicators: terms of reference for a CSD core indicator test in main catchment area regions*. New York: UN/E/CN, 2000.

STAHEL, A. W. *Capitalismo e entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas sustentáveis*. São Paulo: Cortez, 1995.

TOLMASQUIM M. T.; GUERREIRO, A. e GORINI, R. Visão prospectiva da matriz energética brasileira: energizando o desenvolvimento sustentável do país. *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 13 Nº. 1. Rio de Janeiro: SBPA, 2007.



WALISIEWICZ, M. Energia alternativa: solar, eólica, hidrelétrica e de biocombustíveis. São Paulo: Publifolha, 2008.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT DEVELOPMENT. *Uma visão geral*. Oxford: Universidade de Oxford, 1991.

WORLD ENERGY COUNCIL. Renewable energy resources: opportunities and constraints (1990-2020), 2001.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. Supply of uranium. Disponível em <URL: <http://www.world.nuclear.org/info/inf75.htm>> Acesso em 14 de setembro de 2008.