

# Cooperativas y el sector de energía en Brasil:

Posibilidades para un cambio hacia sistemas renovables y descentralizados

Sven Schaller<sup>1</sup>

## Resumo

---

O sistema energético brasileiro é altamente centralizado e depende primeiramente de grandes usinas hidrelétricas. Em razão disso alicerça-se numa rede de transmissão aérea de longa distância e de alta voltagem, necessária para a transmissão da energia gerada dos locais de produção aos consumidores. Esta estrutura do sistema de energia leva a elevados custos e significativas perdas de transmissão. A produção de energia a partir de grandes represas pode apresentar desvantagens ecológicas em virtude de emissão de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. Este trabalho defende que cooperativas energéticas deveriam assumir a liderança na implementação de sistemas de energia renovável.

**Palavras-chave:** Energia renovável. Descentralizado. Sistemas de energia. Transmissão. Brasil. Cooperativas.

---

<sup>1</sup> Professor doutor Politólogo da Universidade de Leipzig, Alemanha. sven.schaller@uni\_leipzig.de

**COOPERATIVES AND THE ENERGY SECTOR IN BRAZIL:  
Possibilities for the implementation of renewable and decentralized systems**

**Abstract**

---

Brasil's energy system is strongly centralised, depending primarily on huge hydropower plants. As a result, it relies on a grid consisting of long-distance overhead lines at very high voltages which are necessary for the transmission of the generated energy from the production sites to the consumers. This structure of the energy system leads to high costs and large transmission losses. In addition, power generation in huge dams may have ecological disadvantages because of CO<sub>2</sub> – and CH<sub>4</sub> – emissions. The paper argues that Electricity Cooperatives should take the lead in the implementation of renewable energy systems.

**Keywords:** Renewable energy. Decentralized. Power system. Transmission. Brasil. Cooperatives.

Con el auge del precio de petróleo, el calentamiento del clima y el crecimiento de las economías a nivel mundial se orienta cada vez más al centro del debate político-económico la cuestión de cómo se podría satisfacer la creciente demanda de energía en general y de la electricidad en especial. No cabe duda que el consumo de la electricidad se incrementará; y para el abastecimiento de esta demanda ya no se puede recurrir en el futuro a la generación de energía con usinas térmicas o nucleares. Tanto el petróleo como el uranio se van a acabar en dos o tres generaciones. El gas y el carbón alcanzarán más tiempo. Pero las consecuencias negativas para el medio-ambiente prohibirán su uso como portador de energía principal.

Entonces, se debe planificar en qué forma se podría reorganizar el sistema energético. Dos preguntas son claves: Primero, qué fuente de energía se quiere usar (renovable, fósil o nuclear) y segundo, cuál es la estructura de generación adecuada (centralizada vs. descentralizada).

Este artículo analiza el sistema de generación eléctrica en Brasil con estos aspectos de fondo. Aquí se indica que la concentración en las mega-usinas hidroeléctricas que hace necesaria la transmisión de energía por largas distancias, no es eficiente ni sostenible. Sin embargo, el gobierno mantiene sus planes energéticos y quiere proseguir su política de centralismo en el abastecimiento de electricidad. Las energías sostenibles (solar, solar-térmica, eólica) no tienen importancia en las planificaciones para un futuro próximo.

Como conclusión ante esta política, el artículo recomienda que las Cooperativas de Electrificação dirijan sus actividades a este campo. Hasta ahora, la mayoría de ellas se concentraba en la conexión de áreas rurales y la distribución de energía hacia estas regiones. Pero no podían ser autosuficientes todavía. Por eso, muchas cooperativas empiezan actualmente a generar energía sostenible. Si bien pequeñas centrales hidroeléctricas les sirven como fuente principal, el potencial para instalar sistemas solares o eólicos es enorme. En este contexto podría probablemente verse el papel de las cooperativas como precursoras en el cambio energético de Brasil.

El documento está subdividido en la siguiente forma: En el primer capítulo se describirá el sistema energético actual en Brasil. El segundo capítulo analizará las desventajas de este sistema. En el tercer capítulo se evaluará los planes del gobierno en el sector de energía. En el cuarto capítulo se argumentará que es urgente un cambio del sistema energético. El quinto capítulo mostrará datos sobre el potencial solar y eólico en el país. En el sexto capítulo se analizará el papel de las cooperativas en este proceso; y en el séptimo capítulo se resumirá los resultados.

## El sistema energético en Brasil

La demanda de energía eléctrica en Brasil ha aumentado en los últimos 20 años desde 70 TWh a más de 400 TWh. Durante los años 90 crecía permanentemente entre seis y siete por ciento al año<sup>2</sup> – y sigue mostrando un alto índice de crecimiento. La producción de energía eléctrica asciende a 419,3 TWh al año (2006).<sup>3</sup>

Actualmente Brasil cuenta con una capacidad total instalada de 102.144 MW, de la cual 73.678 MW proviene de plantas hidroeléctricas, representando el 72,1 por ciento.<sup>4</sup> Eso permite constatar dos características en el sistema energético brasileño: Primero, como base se configuran algunas usinas hidroeléctricas gigantes. Segundo, la producción es muy centralizada – es decir, concentrada en unos pocos puntos de producción, desde donde la energía debe ser llevada a través de largas distancias a su destino final. Los megadiques de Itaipú (14.000 MW<sup>5</sup>) y de Ilha Solteira (3444 MW<sup>6</sup>) en el río Paraná, de Tucuruí (8370 MW<sup>7</sup>) en el río Tocantíns, de Xingú (3162 MW<sup>8</sup>) y de Paulo-Alfonso I-IV

<sup>2</sup> Véase Krishnaswamy; Stuggins, 2007, p. 43.

<sup>3</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME; EPE, 2007, p. 14.

<sup>4</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 118.

<sup>5</sup> Véase [1], [2].

<sup>6</sup> Véase [3]. En la misma página se habla de una potencia nominal total instalada de 3504 MW.

<sup>7</sup> Véase [4].

<sup>8</sup> Véase [5].

(4279,6 MW) en el río São Francisco son símbolos del enorme centralismo del abastecimiento energético. Más de dos tercios de la energía total producida resultan de la energía hídrica – y más del 25 por ciento viene de *una sola* fuente de generación: Itaipú.

El resto de la electricidad son aportadas con un 21,6 por ciento por la energía térmica y con un 2,1 por ciento por la energía atómica<sup>9</sup>. No cabe duda que la producción de energía a base de hidrocarburos (sobre todo en la costa) y de la fuerza nuclear (en Angra dos Reis), es centralizada también.

La producción centralizada trae como consecuencia la necesidad de transmitir la energía desde el lugar de la producción hasta destino final del consumo.<sup>10</sup> Con cerca a 85.000 kilómetros de líneas de transmisión de alto voltaje (más de 230 kV),<sup>11</sup> Brasil tiene una red de transmisión que equivale aproximadamente al 38 por ciento de la red de toda la Unión Europea (UE) con 220.099 kilómetros (de los cuales 116.547 kilómetros son de 220 kV y 103.552 kilómetros de 380/400 kV).<sup>12</sup> A la vez, la UE, que tiene una superficie equivalente a la mitad de Brasil, produce con 2584,7 TWh al año<sup>13</sup> el séxtuplo de energía que genera este país. Eso significa que las plantas eléctricas europeas son – si bien se encuentran concentradas también – mucho más cercanas a los consumidores que las brasileñas.

---

<sup>9</sup> Cálculación propia a base de los datos de la Latin American Energy Association (Olade).

<sup>10</sup> Véase IEA, 2006, p. 447.

<sup>11</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 403.

<sup>12</sup> Véase UCTE, 2006, p. 164.

<sup>13</sup> Véase UCTE, 2006, p. 84.

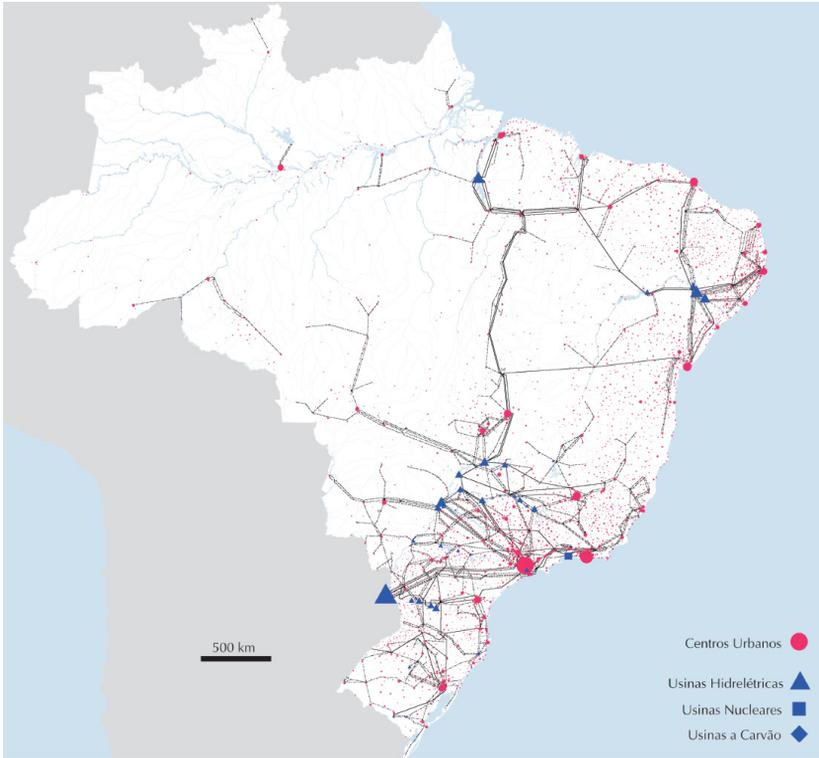


Gráfico 1: El centralismo del sistema eléctrico en Brasil

Fuente: Camargo do Amarante et al, 2001, p. 11.

En relación al grado de electrificación se estima que el 96,5 por ciento de la población en Brasil tiene acceso a electricidad.<sup>14</sup> Sin embargo, tomando en cuenta la concentración de la gente en las ciudades y los problemas de la electrificación en la Amazonía, no parece exagerado constatar que muchas regiones carecen todavía del acceso a la electricidad. En total, 6,5 millones personas aún viven sin electricidad.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Véase IEA, 2006, p. 571.

<sup>15</sup> Véase ibd.

Otra característica del sistema energético brasileño se refiere a su cambio institucional. Después de un fuerte desarrollo en los años '70 bajo el control del Estado, el sector se vió envuelto en una crisis profunda en los '80 llegando al margen de un colapso a causa de las tarifas subsidiadas y de los cortes de ingresos. Como consecuencia de falta de fondos para inversiones faltaron unos 35 mil millones de US-dólares, monto que derivó en la demora para la construcción de 15 diques grandes. Ante esta situación el gobierno del Presidente Fernando Henrique Cardoso decidió iniciar reformas sustanciales en los '90 y permitió que el capital privado participe en el sector energético.<sup>16</sup>

En 1996 se estabilizó la Agência Nacional de Energía Eléctrica (Aneel), una institución cuasi-independiente, con el fin de supervisar el sector eléctrico. Luego, siguió la creación de una entidad independiente del sistema de transmisión (Operador Nacional do Sistema Eléctrico, ONS) y un operador del mercado comercial, el Mercado Atacadista de Energía Eléctrica (MAE), quien debería intentar de crear un solo mercado comercial integrado de electricidad. Sin embargo, el MAE empezaría a funcionar completamente solo en el 2001.<sup>17</sup>

A consecuencia de estos cambios institucionales se observó un aumento de las inversiones privadas tanto del extranjero como de grandes inversionistas locales en el sector de generación. Adicionalmente, unas multinacionales como Electricité de France (Edf), Endesa de España, Enel de Italia y Chilectra se focalizaron en la ampliación de la red de distribución.

El gobierno de Luiz Inácio da Silva, inicialmente escéptico en relación a la privatización, seguía con el modelo de su antecesor. No solo intentaba atraer inversiones de largo plazo al sector, sino también fijaba la competencia como la

---

<sup>16</sup> Véase Krishnaswamy; Stuggins, 2007, p. 44.

<sup>17</sup> Véase Lock, 2005, p. 55.

más importante característica del sistema energético brasileño. Las instituciones fundadas bajo la presidencia de Cardoso fueron fortalecidas y se les daba más funciones como en el caso de MAE que a partir de 2004 fue competente para realizar las subastas de energía eléctrica.<sup>18</sup>

En el resultado de las actividades del gobierno en el sector energético se ve que el capital privado juega un papel cada vez más grande. Entre 1990 y 2003 entraron 56,7 mil millones de US-dolares al país.<sup>19</sup> Si bien en la estructura actual el ingreso de capital privado está limitado todavía a causa del control público de los embalses grandes, en casi todos los otros sectores de abastecimiento eléctrico (menos la fuerza nuclear) ya está pasando el 40 por ciento de la capacidad instalada.<sup>20</sup>

## Desventajas del sistema energético actual

El centralismo del abastecimiento de energía en Brasil tiene unas graves desventajas, de las cuales los costos económicos serán analizados primeramente. Como la producción centralizada acarrea la transmisión de la electricidad en una red eléctrica amplia, sus costos acumulados son muy a menudo subestimados. Si bien se calcula, por ejemplo, que un kilómetro de la red para la transmisión de la electricidad en regiones rurales cuesta unos 10.000 US-dolares,<sup>21</sup> eso son costos inferiores a los de la transmisión por largas distancias. En Europa, los costos totales de inversión para la transmisión con líneas de la más alta tensión (400 kV) se estima en alrededor de 450.000 Euros (696.000 US-dolares) por kilómetro, incluyendo 200.000 Euros por kilómetro para la construcción de la

<sup>18</sup> Véase Krishnaswamy; Stuggins, 2007, p. 45; véase Lock, 2005, p. 55.

<sup>19</sup> Véase Krishnaswamy; Stuggins, 2007, p. 50-51.

<sup>20</sup> Véase *ibid.*, p. 46-47.

<sup>21</sup> Véase IEA, 2002, p. 5.

traza (en el año 2002).<sup>22</sup> En Brasil, la ampliación de la red existente de la alta y más alta tensión hasta 2016 costará cerca de un millón de Reais (605.600 US-dolares ) por kilómetro. Con otras palabras: La construcción de los más de 85.000 kilómetros de la red básica ha tenido costos alrededor de 85 mil millones de Reais (50 mil millones de dolares) hasta ahora.<sup>23</sup>

Otros costos resultan de las pérdidas que no se pueden evadir por la transmisión en varios miles de kilómetros hasta los consumidores finales. Allí se calcula que las pérdidas por 100 kilómetros en sistemas de corriente alterna son alrededor del 6 por ciento para una línea de alta tensión de 110 kV. Eso se disminuye cerca a 0,5 por ciento para una línea de la más alta tensión de 800 kV. Añadiendo las pérdidas de la corona (dos a tres kW por km en una línea de 400 kV) y las pérdidas en los transformadores (0,25 por ciento del total) se estima que las pérdidas totales están cerca del 1,5 por ciento en 100 km (en una línea de 380 kV) y 0,8 por ciento en 100 km (750 kV) respectivamente.<sup>24</sup>

Las pérdidas en la transmisión de la corriente continua  $\pm 600$  kV son cerca del 0,65 por ciento por 100 kilómetros. Adicionalmente hay pérdidas cerca al 0,7 por ciento para cada convertidor más un monto entre uno y diez kW por kilómetro (dependiente del clima) por concepto de pérdidas independientes de la corriente (p. ej. pérdidas de la corona o en aisladores sucios).<sup>25</sup>

Para ilustrar las desventajas de la transmisión de energía eléctrica por largas distancias se podría dar un buen ejemplo: La conexión de la usina Itaipú hacia São Paulo. La primera etapa de la transmisión hasta Ibiúna en  $\pm 600$  kV

<sup>22</sup> Véase Laures, 2003, p. 60.

<sup>23</sup> Cálculación propia a base de los datos de Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 313; Gobierno de Brasil –MME, 2007b, p. 821.

<sup>24</sup> Véase Knoepfel, 1995.

<sup>25</sup> Véase ibd.

tiene una distancia de 805 km. Tomando los cálculos desde arriba, se puede constatar que cerca de 5,25 por ciento de la electricidad producida ya se ha perdido hasta este punto. Estimando la producción de Itaipú en una producción anual de cerca 122,64 TWh, las pérdidas de la transmisión – en solo la primera etapa – se acumulan a 6,37 TWh por año.

En total, el Banco Mundial calcula la pérdidas de la distribución de electricidad en Brasil en un 14,1 por ciento (2005), de los cuales un 6,80 por ciento son “non-technical distribution losses” y un 7,99 por ciento “technical distribution losses”.<sup>26</sup> La IEA indica pérdidas por la transmisión y distribución incluso en un 17 por ciento de la oferta doméstica total, siendo uno de los porcentajes entre los más altos a nivel mundial. El promedio en los estados de la OECD es cerca del siete por ciento.<sup>27</sup> Refiriéndose a los datos del Banco Mundial, las pérdidas totales equivaldrían a 56,81 TWh al año. Tomando como referencia el precio de consumidor de 122 US-dólares por MWh para la electricidad industrial y 188 US-dólares (2006) para la electricidad residencial,<sup>28</sup> las pérdidas de la distribución llegarían por lo mínimo a casi siete mil millones de US-dólares al año.

Aparte de los costos hay que analizar las emisiones del sistema eléctrico actual de Brasil. A primera vista, las emisiones de la generación eléctrica parecen ser bajas. OLADE indica en sus estadísticas oficiales que Brasil emite por concepto de la generación eléctrica aproximadamente 19,77 millones de

<sup>26</sup> Véase World Bank, 2005.

<sup>27</sup> Véase IEA, 2006, p. 482.

<sup>28</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME; EPE, 2007, p. 113. Worldbank (2005) indica 86,80 US-dolares por MWh como tarifa promedia para consumo industrial, y 143,90 US-dolares por MWh como tarifa promedia para consumo residencial.

toneladas de CO<sub>2</sub> al año (2005).<sup>29</sup> Eso equivaldría a un 5,57 por ciento de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> que se acumulan en unas 354,93 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año (2005).<sup>30</sup>

Sin embargo, todavía existe mucha incertidumbre sobre las emisiones y la sostenibilidad de la producción de energía en diques. El asunto es que muy a menudo no se toma en cuenta que los diques producen equivalentes a CO<sub>2</sub> (sobre todo en forma de metano) porque los árboles y arbustos en el fondo del embalse – los cuales no fueron cortados anteriormente – al igual como macrophytos se descomponen anaerómicamente causando la liberación de emisiones de metano.<sup>31</sup> Es decir que los embalses contribuyen al efecto invernadero por la inevitable descomposición de materiales orgánicos. En unos casos se estima que estas emisiones son comparables a las de una central carboeléctrica – como en el caso de Balbina, uno de los diques más analizados de este proceso. Midiendo las emisiones de distintos embalses, los autores de un estudio para la World Commission on Dams llegaron a la conclusión:

“The worst case was Balbina dam in the Amazon region with calculated emissions higher than an equivalent power plant that supplies the same energy using fossil fuels”.<sup>32</sup>

Esta conclusión para el dique de Balbina no vale para todos los embalses. Más bien se debe constatar que existen muchas incertidumbres todavía, en cuanto los diques (con sus emisiones de metano y CO<sub>2</sub>) contribuyan al calentamiento global. Resultados presentados por Rosa et al. muestran, por ejemplo, una gran variedad no solo en sus propios estudios, sino también entre diferentes embalses (véase Cuadro 1):

<sup>29</sup> Véase Olade, 2006, p. 103. La IEA indica las emisiones de la generación eléctrica en 33 millones de toneladas en 2004 (IEA, 2006, p. 523).

<sup>30</sup> Véase Olade, 2006, p. 97.

<sup>31</sup> Véase Fearnside, 2002, p. 73-78.

<sup>32</sup> Véase Rosa; dos Santos, 2000, p. 4.

Type of Ecosystem	Mean Emission Rate	Source
Amazon Floodplain	Methane: 110 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	Devol et al. (1988)
Brazilian Hydro Reservoirs (Amazon)	Cuma-Una Methane: Bubbles 21.3 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> Diffusion 1.37 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> Carbon Dioxide: Bubbles 0.51 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> Diffusion 134.3 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	Rosa et al. (1997)
	Samuel Methane: Bubbles 84.17 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Balbina Methane: Bubbles 60.12 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Tucuruí Methane: Bubbles 14.57 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
Tropical Flooded Areas (Amazonia and African flooded forests)	Methane: 200 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	Batlett et al. (1993)
New Measurements of Brazilian Reservoirs (9 reservoirs are performed using funnels and diffusion chambers) mean results from the two field sampling campaign	Serra da Mesa Reservoir (Middle West Region) 84.24 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 2,654 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	Rosa et al. (1999)
	Itaipú Reservoir (South Region) 10.7 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 170 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Barra Bonita Reservoir (Southwest Region) 22 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 3,891 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Miranda Reservoir (Southwest Region) 154 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 4,388 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Xingú Reservoir (Northwest Region) 38 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 6,048 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Segredo Reservoir (South Region) 9.1 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 2,695 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Tres Marias Reservoir (Southwest Region) 196 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 1,138 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Samuel Reservoir (North Region) 104 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 6,719 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	
	Tucuruí Reservoir (North Region) 112 mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> and 8.475 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	

Cuadro 1: Emisiones de gases de invernadero en unos diques de Brasil

Fuente: Rosa; dos Santos (2000), p. 11 (tablero reducido).

Las medidas de Rosa y dos Santos significan en el caso de Turucuí – otro dique bien analizado – una emisión de 40,88 toneladas de metano por km<sup>2</sup> al año, un monto que se acumula en un total de 116.000 toneladas en toda su superficie de 2850 km<sup>2</sup>. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se elevan a 3093 toneladas por km<sup>2</sup> al año o 8,8 millones de toneladas al año en toda su superficie respectivamente.<sup>33</sup> Comparando estas emisiones con usinas termoeléctricas que tienen la misma producción anual como Tucuruí, se observa que las emisiones de Tucuruí son comparables a las de una central a base de gas, pero menor a una planta termoeléctrica a base de carbón, diesel o fuel combustible (véase Cuadro 2).

	Natural gas	Coal	Diesel	Fuel Oil
<b>CO<sub>2</sub> Emissions</b> (Ktons / year)	9 621	23 892	19 028	16 564
<b>CH<sub>4</sub> Emissions</b> (Ktons / year)	1.0	0.15	0.23	0.19
<b>N<sub>2</sub>O Emissions</b> (Ktons / year)	---	0.20	0.10	0.06

Cuadro 2: Emisiones de usinas termoeléctricas con una producción anual equivalente a Tucuruí

Fuente: La Rovere; Mendes, 2000, p. 73.

El potencial de un dique en su atribución al efecto invernadero depende – aparte de la descomposición de material orgánico – de la densidad de energía producida. Estudios demostraron que la generación de energía en un dique debería pasar 0,1 W/m<sup>2</sup> de área del embalse para evitar que las emisiones de la

<sup>33</sup> Un comentario importante hacen La Rovere y Mendes (2000, p. 72) en este contexto: “It is important to stress that the figures for the Tucuruí Reservoir are gross, meaning that the emissions of both CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> – which would exist even without this reservoir – are not taken into consideration. However, ideally only the net increase in emissions caused by the reservoir should be considered as the impact of human activity.” Fearnside en cambio, califica que las emisiones totales serían mucho más altas todavía, porque “bubbling and diffusion” en la superficie representan solo entre el cinco y ocho por ciento de las emisiones totales, mientras que las emisiones de las turbinas sumarían un 40 por ciento (escenario alto) y un 13 por ciento (escenario bajo) y las del desborde del embalse un 30 y 44 por ciento respectivamente (Fearnside, 2002: 85-86). Las emisiones *netas* (sic!) de CH<sub>4</sub> de Tucuruí son – según el escenario – 60 hasta 100 veces más altas que las señaladas por Rosa y dos Santos (Fearnside, 2002, p. 90).

producción hidroeléctrica sean más altas que las usinas termoeléctricas. Por eso, el dique de Balbina con una densidad de energía de 0,1 W/m<sup>2</sup> emite más gases de invernadero que una planta equivalente a base de carbohidratos.<sup>34</sup>

En resumen se podría constatar que los diques producen gases de emisiones en grandes cantidades. Pero en una comparación con las usinas termoeléctricas se debe distinguir que:

*há hidrelétricas (Itaipu, Xingú, Segredo) que emitem muito pouco carbono em comparação com suas térmicas equivalentes; há hidrelétricas intermediárias, como Miranda, e hidrelétricas que emitem bem mais carbono, como por exemplo Três Marias e Samuel.*<sup>35</sup>

El Gobierno de Brasil sabe y reconoce el problema de las emisiones de los embalses.<sup>36</sup> Se estima que las 74 (nuevas) hidroeléctricas que forman parte del Plano Decenal de Expansão de Energia, producirían en el 2016 por lo mínimo unas 15,8 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono y metano) al año – con tendencia creciente.<sup>37</sup> Sin embargo, lo que sorprende es que estas emisiones no aparecen en las estadísticas oficiales sobre el balance climático de las hidroeléctricas.

Otro problema en relación a la producción centralizada en los megaembalses es el espacio enorme que se pierde bajo el raudal. Los diques operativos representan un área de 0,51 km<sup>2</sup> por MW instalada. En total ocupan un 0,4 por ciento del territorio nacional,<sup>38</sup> lo que equivale aproximadamente a 35.000 km<sup>2</sup> – un territorio más grande que Bélgica o el lago Baikal y casi igual a Taiwan.

<sup>34</sup> Véase Rosa; dos Santos, 2000, p. 41, 47.

<sup>35</sup> Gobierno de Brasil – Coppe, 2006, p. 67.

<sup>36</sup> Los datos presentados del Gobierno de Brasil – Coppe, 2006 (por ejemplo p. 16 y p. 63-64), confirman que las emisiones de los embalses son elevadas.

<sup>37</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 439.

<sup>38</sup> Véase ibd., p. 401.

Éstas, hoy inundadas regiones, eran la tierra de más de un millón de personas que fueron trasladadas y que se organizaron en el Movimiento dos Antiguos por Barragens (ABM).<sup>39</sup> Por otro lado, mucha gente se veía forzada a emigrar en forma indirecta a causa de plagas de mosquitos que impedían prácticamente la agricultura al lado de los diques. Asimismo, enfermedades como la filaria (o filariasis) y malaria se proliferaban a causa del incremento de los mosquitos.<sup>40</sup>

A este punto hay que añadir que en muchos casos la población local no podía aprovechar la energía que se producía en los embalses cercanos. La ciudad de Tucuruí, por ejemplo, recibía electricidad solo diez años después de que el mega-dique del mismo nombre había empezado a producirla.<sup>41</sup>

Otro problema grave del sistema de generación eléctrica actual es que, se centra casi completamente en energía hidroeléctrica – cuya disponibilidad depende del clima. Cuando en el 2001 hubo una sequía permanente, se redujo el depósito en varios embalses a la mitad. La sequía afectaba casi un 80 por ciento las reservas de agua. El gobierno se vió, entonces, obligado a racionar el uso de energía en forma de cuotas. El consumo se disminuía en un 20 por ciento dentro de un período de ocho meses – con la consecuencia de que la coyuntura se reducía y que la industria con las justas pasaba una grave recesión económica.<sup>42</sup>

## Los planes para el futuro

A causa de las mencionadas desventajas se podría esperar que el gobierno cambiase su estrategia energética. Pero eso no es el caso. En vista de un incremento calculado entre un 40 por ciento y un 43 por ciento en el consumo de energía

---

<sup>39</sup> Véase [6].

<sup>40</sup> Véase La Rovere; Mendes, 2000: xv.

<sup>41</sup> Véase *ibid.*: xiii.

<sup>42</sup> Véase Krishnaswamy; Stuggins, 2007, p. 48-50. Véase Lock, 2005, p. 53-54, 56.

hasta el 2016 o sea 5,0 por ciento y 5,4 por ciento al año respectivamente,<sup>43</sup> se están presentando planes de los años '70 que habían sido pospuestos por sus reparos ecológicos.

Muchos de estos proyectos se encuentran en la Amazonía y afectan directa o indirectamente la vida de los pueblos indígenas. No solo la construcción del dique Paranatinga II en el río Culuene (estado de Matto Grosso) sino también el plan de la mega-usina Belo Monte en el río Xingú (estado de Pará) causaron conflictos. Este proyecto podría ser clasificado como el mejor ejemplo del centralismo en el sistema energético en Brasil. En el municipio Altamira, donde se planea la construcción del dique Belo Monte, se instalaría una de las usinas hidroeléctricas más grande del mundo con una capacidad final de 11.000 MW – comparable a la de Itaipú.

Otros dos proyectos que se encuentran ya en una fase avanzada, son la construcción de los diques de Jirau con 3300 MW y de Santo Antônio con 3150 MW en el río Madeira (estado de Rondônia).

Para otros siete diques ya existen estudios de viabilidad que fueron aprobados por la Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Estos proyectos corresponden a una capacidad instalada de 1193 MW, pero no son licitados todavía. Doce empresas con una capacidad total instalada de 20.000 MW se encuentran en la fase de estudios de viabilidad por Aneel. Entre estos se encuentran -aparte de los mega-embalses discutidos de Belo Monte, Jirau y Santo Antônio- cinco proyectos en el río Parnaíba (estados de Piauí y Maranhão). Otros 25 diques que representan en total una capacidad instalada cerca a 5900 MW, se están estudiando. Unos de los proyectos más grandes conciernen al río Tocantins, donde se planea añadir doce usinas hidroeléctricas (entre ellas los embalses de Marabá con una capacidad instalada de 2160 MW, de Estreito de 1087 MW, de Serra Quebrada de 1328 MW, de Tocantins de 480 MW y de

<sup>43</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007b, p. 768-769.

Tupiratins de 620 MW) al dique existente de Tucuruí.<sup>44</sup> En el 2008 se entregará también estudios de viabilidad que elaboran cinco proyectos en el río Teles Pires con una capacidad instalada total de 3422 MW.<sup>45</sup>

Pero el Gobierno no sólo proyecta “endiquear” los ríos salvajes en el norte, sino que quiere construir también, en el sur, docenas de embalses; sobre todo los ríos Canoas (embalses de Campos Novos, Garibaldi, São Roque), Pelotas (Barra Grande, Pai Querê) y Uruguai (Itapiranga, Foz do Chapecó) serían afectados,<sup>46</sup> este último ya siendo estancado en el dique de Itá (estado de Santo Catarina) con una capacidad instalada de 1450 MW.

En total se planifica instalar una capacidad cerca de 30.000 MW<sup>47</sup> en hidroeléctricas grandes y medianas a un costo total de 115 mil millones de Reais (70 mil millones de US-dólares) hasta el 2016.<sup>48</sup> La IEA indica inversiones en la generación eléctrica por un valor de 127 mil millones de US-dólares hasta el 2030.<sup>49</sup>

Dentro del rango de la energía sostenible se ve avances divergentes en los planes del gobierno. Si bien la capacidad instalada en biomasa se aumentaría considerablemente de 570 MW a 3944 MW y en pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) de 2023 MW a 5925 MW entre el año 2007 y 2016, la energía fotovoltaica y la energía eólica prácticamente no juegan ningún papel. La energía fotovoltaica ni siquiera configura en las estadísticas, mientras la energía eólica queda estancada con una capacidad instalada de 320 MW.<sup>50</sup>

<sup>44</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 419, 423.

<sup>45</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 128-131.

<sup>46</sup> Véase *ibid.*, p. 416-417, 426.

<sup>47</sup> Véase *ibid.*, p. 128-131, 155.

<sup>48</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007b, p. 821.

<sup>49</sup> Véase IEA, 2006, p. 486.

<sup>50</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 155. Véase también las estadísticas en IEA, 2006, p. 522-523.

Respecto al sistema centralizado de generación, el gobierno de Brasil planea una gran ampliación del sistema interligado nacional (SIN) hasta el año 2016. Se construirá más de 33.500 kilómetros de líneas de transmisión. Sobre todo las largas interconexiones con líneas de transmisión de  $\pm 600$  kV (corriente continua) y de 500 kV se expandirían fuertemente, de 1612 kilómetros a 11.112 kilómetros y de 29.222 kilómetros a 42.760 kilómetros respectivamente.<sup>51</sup> Esta expansión sería necesaria en primer lugar para integrar las nuevas mega-usinas en el río Madeira (Santo Antonio, Jirau), en el río Xingú (Belo Monte) y en el río Teles Pires a la red existente.<sup>52</sup>

La red a base de líneas de 230 kV se aumentaría de 36.104 kilómetros en el año 2006 a 46.036 kilómetros para el año 2016.<sup>53</sup> Las inversiones totales calculadas para la ampliación de la red se calcula en un 33,9 mil millones de Reais (20,6 mil millones US-dólares).<sup>54</sup> Hasta el 2030 la IEA presupuesta que estos costos pueden elevarse a un total de aproximadamente 125 mil millones de US-dólares.<sup>55</sup>

En relación al cambio climático, los planes del desarrollo del sistema energético deben ser vistos con escepticismo. Rosa y dos Santos, por ejemplo, creen que el camino que empezó con las reformas de los años '90, dará el rumbo para el desarrollo en el futuro también. Ellos indican que:

*the Brazilian government would not play any role to reduce carbon emissions from the energy system. Energy production and consumption patterns would follow current trends, adjusted to meet the energy needs projected by the assumptions on population growth, GDP evolution, structure changes, energy prices and technological developments.*<sup>56</sup>

<sup>51</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 312-314; Gobierno de Brasil – MME 2007b, p. 778.

<sup>52</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a, p. 198-203, 310-312.

<sup>53</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007b, p. 778.

<sup>54</sup> Véase ibd., p. 821.

<sup>55</sup> Véase IEA, 2006, p. 486.

<sup>56</sup> Rosa; dos Santos, 2000, p. 17.

Si bien habían muchos cambios en relación a las instituciones en el sector energético en los años '90, el gobierno no cambió su preferencia por un sistema centralizado a base de mega-diques costosos. Se dejó, entonces, que la reforma institucional se ampliase por una reforma estructural, favoreciendo una evolución hacia sistemas descentralizados a base de energía renovable y “dosificable”.

## La necesidad para un cambio

Si bien el cambio del sistema energético del país parece urgente, la estructura de posesión no lo favorece. Como resultado de las reformas de los años '90 se ve que el 85 por ciento del sector de distribución y el 25 por ciento de la generación eléctrica están en manos privadas.<sup>57</sup>

Para atraer al capital privado, el gobierno ofrecía incentivos a los inversionistas. En el caso de la red de distribución, por ejemplo, the investor *was granted* a relatively stable stream of revenues for the duration of the concession (20 years)<sup>58</sup>. Eso significa que se les garantizaba una posición cuasi-monopolista a los inversionistas privados para recuperar sus costos de inversión.

Aparte de observar la incompatibilización de estos incentivos con una economía de libre mercado, ya que estos más bien desfiguran la competencia, se observa también que esas inversiones serían innecesarias en un sistema de abastecimiento energético descentralizado. Es decir, que las empresas privadas que obtienen sus ganancias gracias a la estructura actual – por la necesidad de transmisiones a largas distancias – son los primeros en apoyar al gobierno en sus proyectos de producción eléctrica centralizada.

Un indicador para estos vínculos entre el capital particular y el Estado se muestra cuando se analiza el escenario de la mezcla energética. Para ello, se puede indicar que:

<sup>57</sup> Véase Krishnaswamy; Stuggins, 2007, p. 45.

<sup>58</sup> *Ibid.* p. 51 (Acentuación propia).

*[...] Brazil pointed out the tendency to move from renewable energy to fossil fuels, in both the electric power and transportation sectors. A reason for that trend is the deregulation of the energy sector in Brazil. Fossil-fuel power is better suited for private investments than hydroelectric plants, because the capital costs are lower and return on the investment is faster, although energy costs are higher. [...] Since the beginning of 1990s the deregulation policy in Brazil, has resulted in the move toward the substitution of hydroelectricity by fossil fuel electricity.<sup>59</sup>*

En vista de estas tendencias en combinación con las desventajas del sistema centralizado, parece ser urgente un cambio hacia la generación de electricidad descentralizada y sostenible.

## El sistema de energía descentralizada

La energía descentralizada y sostenible no ha tenido, ni tiene mucha importancia en la política energética de Brasil. Como consecuencia, no sorprende que la capacidad instalada en sistemas de energía renovable sea muy limitada todavía. En el 2006, la potencia de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) era de 2023 MW. Peor es la situación para la energía eólica y de biomasa. La capacidad instalada que usa estas fuentes sostenibles es de 208 MW y de 570 MW respectivamente<sup>60</sup> – representando el 0,007 por ciento del total. La energía solar o solar-térmica ni siquiera aparecen en las estadísticas.

Estos datos resultan sorprendentes en un país donde la radiación solar ofrece muy buenas condiciones para el aprovechamiento de esta fuente de energía. El promedio de la radiación anual varía dentro de un intervalo de  $18 \pm 2$  MJ/m<sup>2</sup> por día.<sup>61</sup> Es decir, que la energía solar utilizable llega en el promedio a 1825 kWh/m<sup>2</sup> por año. Sin embargo, las diferencias entre las regiones y las estaciones

<sup>59</sup> Rosa; dos Santos, 2000, p. 17.

<sup>60</sup> Véase Gobierno de Brasil – MME, 2007a: 123.

<sup>61</sup> Véase Tibe et al., 1999, p. 397.

son grandes. En el nor-este, los estados de Maranhão, Tocantins y Piauí cuentan con un promedio anual de radiación solar de más de 20 MJ/m<sup>2</sup> por día, si bien en verano la radiación es menos de 18 MJ/m<sup>2</sup> por día.

En el sur, en los estados de Rio Grande do Sul, partes de Santa Catarina y Paraná, y en las regiones montañosas en el oeste de Minas Gerais, el promedio anual es de menos de 16 MJ/m<sup>2</sup> por día a causa de la nubosidad. Aquí la radiación se distingue muy fuertemente entre el verano con más de 24 MJ/m<sup>2</sup> por día y el invierno con menos de 10 MJ/m<sup>2</sup> por día.<sup>62</sup> Aún así, la radiación del promedio anual de 16 MJ/m<sup>2</sup> por día, que equivale a una energía solar utilizable de 1622 kWh/m<sup>2</sup> por año, sobrepasa a la radiación en muchas partes de Europa y es casi igual a la de la región mediterránea.

Estos datos permiten dos conclusiones: Primero, la radiación solar en Brasil es suficiente para producir electricidad todo el año (en regiones con poca nubosidad) y también en la noche con la tecnología adecuada (almacenamiento térmico o químico). Es decir, se puede usar la energía solar incluso para la carga mínima, por ejemplo, en usinas solar-térmicas.

Segundo, el potencial de generación de electricidad en sistemas fotovoltaicos es bastante. Para tener una idea, se toma como punto de salida la siguiente fórmula:<sup>63</sup>

$$E = 365 P_k r_p H_{h,i}$$

donde  $P_k$  (en kW) es la “peak-capacidad” instalada,  $r_p$  es el “system performance ratio” (generalmente con un valor de 0,75) y  $H_{h,i}$  es el promedio anual de radiación diaria/m<sup>2</sup>.

Si un módulo fotovoltaico con  $P_k = 85 W_p$  ocupa un área de 0,633 m<sup>2</sup>, resulta que la capacidad solar en un m<sup>2</sup> es de 134  $W_p$ . Entonces, en el caso del sur de Brasil se puede calcular que el potencial de la generación de electricidad en un sistema fotovoltaico de 134  $W_p$  en un m<sup>2</sup> es:

<sup>62</sup> Véase Pereira et al., 1996, p.127-128. Véase Tibe et al., 1999, p. 397.

<sup>63</sup> Véase [7].

$$E = 365 * 0,134 * 0,75 * 4,44 \text{ kWh},$$

$$E = 162,87 \text{ kWh}.$$

En el caso del noreste de Brasil, eso se aumenta a 203,79 kWh. Eso significa que en un área de un km<sup>2</sup> se podría producir 162,87 GWh o 203,79 GWh al año respectivamente. Para toda la producción eléctrica de Brasil alcanzaría, entonces, un territorio de 2575 Km<sup>2</sup> – o sea solo el 7,5 por ciento del área inundado por los embalses.

Además hay que subrayar nuevamente que estos sistemas fotovoltaicos no necesitan ni líneas de transmisión a largas distancias, ni un territorio continuo. Pueden ser instalados descentralizadamente (incluso en las ciudades donde hay suficiente espacio en los techos). Eso no excluye la posibilidad de construir algunas plantas termoeléctricas en regiones especialmente aptas, es decir, con mucha radiación y con cortas distancias a centros urbanos.

Los costos para sistemas fotovoltaicos se estima en cerca de 3,5 US-dólares/W<sub>p</sub>.<sup>64</sup> Si Brasil compensase su crecimiento eléctrico anual (de cinco por ciento) completamente con sistemas fotovoltaicos, se necesitaría cada año aproximadamente 8400 millones de US-dólares para la instalación de una nueva capacidad cercana a 2400 MW. Eso estaría dentro del rango de los gastos planeados por el gobierno para la ampliación de plantas hidroeléctricas con cerca de 6900 millones de US-dólares al año y adicionalmente cerca de 2000 millones de US-dólares al año para la ampliación de la red.<sup>65</sup> Por otro lado, se calcula que los costos de los módulos fotovoltaicos hasta el 2020, disminuyan a un precio de 2,90 US-dólares/W<sub>p</sub> o incluso a 1,95 US-dólares/W<sub>p</sub>.<sup>66</sup> lo que permitiría una reducción en los costos de inversión de un 20 hasta un 45 por ciento.

<sup>64</sup> Véase PSI, 2005, p. 232.

<sup>65</sup> Cálculación propia a base de Gobierno de Brasil – MME, 2007b: 821. Véase también pie de pág. 47 y 53.

<sup>66</sup> Véase PSI, 2005, p. 232.

En relación al uso de la energía eólica también existen muy buenas condiciones en el país. Teóricamente pueden producirse unos 272,20 TWh al año. El potencial total para la generación de energía eólica sería de 143,47 GW.<sup>67</sup> Probablemente, esa cantidad se hubiera visto aumentada si no se hubiera evaluado solo los mejores sitios con vientos de más de seis m/s en una altura de 50 metros. Haciendo una comparación entre las regiones el mayor potencial se encuentra en el noreste, en las costas del sureste (Río de Janeiro, Espírito Santo) y en el interior de Minas Gerais y São Paulo.

Como se puede apreciar, las mejores condiciones en relación al potencial del uso de la energía solar y eólica existen en el noreste de Brasil – una región donde aproximadamente once millones de personas o casi un 25 por ciento de la población, no tiene aún acceso a la electricidad. Sólo el 14 por ciento de las 2,75 millones de propiedades rurales están conectadas a la red.<sup>68</sup>

Ante esta situación, el Gobierno empezó a ejecutar distintos programas que tenían como objetivo el suministro de electricidad en regiones rurales. El Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (Prodeem) comenzó en 1994 y se focalizó en la instalación de sistemas de energía renovable. En total se instalaron 8742 sistemas fotovoltaicos con una capacidad eléctrica de 5229,5 kW<sub>p</sub>.<sup>69</sup> Sin embargo, el 46 por ciento de los sistemas instalados fueron trasladados y el 36 por ciento dejaba de funcionar poco tiempo después debido a la falta de capacitación técnica para el mantenimiento de los equipos.<sup>70</sup> Prodeem se incorporó en el programa “Luz para todos” en el año 2005.

En 2001, en medio de la crisis energética, el Gobierno lanzó el Programa Emergencial de Energía Eólica (Proeólica). Desde el inicio era solo un programa de *emergencia*, pues se planeaba instalar una capacidad eólica de 1050 MW

---

<sup>67</sup> Véase Camargo do Amarante et al, 2001, p. 43.

<sup>68</sup> Véase Tibe, 2001, p. 566.

<sup>69</sup> Véase Ruiz et al., 2007, p. 2990.

<sup>70</sup> Véase ibd.

hasta diciembre de 2003 y se quería promover esta fuente energética.<sup>71</sup> Pero se quedó en la fase de planificación. Hasta marzo de 2003 se instaló nuevos equipos eólicos con una capacidad total de solo tres MW. Las razones para el fallo se vieron tanto en la deficiencia de disposiciones ejecutivas del programa como en la escasez de capital para las inversiones en este sector.

El 26 de abril de 2002, el Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Eléctrica (Proinfa) reemplazó Proeólica. El objetivo de este programa era la instalación de 3300 MW de capacidad a base de energías renovables hasta el fin de 2006, dividido en partes iguales en empresas hidroeléctricas pequeñas, biomasa y energía eólica. Hasta marzo de 2006 se había instalado 28,55 MW de turbinas eólicas, 1443,8 MW en usinas hidroeléctricas pequeñas y 3299 MW en biomasa.<sup>72</sup>

En el 2005 empezó el programa “Luz para todos” que planeaba brindar electricidad a toda la población brasileña lo que beneficiaría a dos millones de hogares rurales con cerca de doce millones de personas. Pero los objetivos de este programa no combinaban desde el inicio con el otro programa en acción (Proinfa). Mientras “Luz para todos” quería brindar electricidad para todos a costos mínimos (lo que excluye energías renovables), Proinfa buscaba la interconexión de sistemas de energía sostenible con la red eléctrica nacional (lo que excluye las regiones aisladas rurales).<sup>73</sup>

Al respecto, Ruiz et al. concluyen que:

*renewable energy planning shows continuous deficiencies in the achievement of the programs' targets because said programs are substituted by others without any rigorous evaluation of the advances made and prior faults are*

<sup>71</sup> Véase Res. GCE 24/01 – Res. – Resolução Câmara de Gestão da Crise de Energia Eléctrica – GCE nº 24 de 05.07.2001.

<sup>72</sup> Véase Ruiz et al., 2007: 2992. La capacidad instalada de energía eólica se dió en 2855 MW. Probablemente eso es un error que no solo contradice los datos presentados por el Gobierno de Brasil – MME, 2007a: 155 (véase también pie de pág. 49), sino también los de los mismos autores en la pág. 2993.

<sup>73</sup> Véase Ruiz et al., 2007, p. 2993.

*not corrected in the new programs. [...] The programs have been created in such a manner that they put the communities and local institutions to one side [...] In the first programs, the role of the communities and local institutions was instrumental and subsequently their presence disappeared.<sup>74</sup>*

## El papel de las cooperativas

En vista de los problemas relacionados a la electrificación con fuentes sostenibles, al acceso eléctrico para las comunidades rurales y a su participación, se forman cada vez más Cooperativas de Electrificação. Si bien su número es muy pequeño y sus actividades no han alcanzado los centros urbanos todavía, estas cooperativas pueden brindar un nuevo modelo de abastecimiento energético. El rol de estas cooperativas podría ser más importante si se tuviese presente el poco interés en regiones rurales por parte de los inversionistas, los costos elevados a causa del bajo consumo por consumidor, la baja rentabilidad de las inversiones y la falta de financiamiento. Es decir que las Cooperativas de Electrificação y las fuentes de energía sostenible deberían ser integradas probablemente en un amplio sistema de desarrollo de modo que la energía obtenida en sistemas descentralizados capacite a los socios para establecer pequeñas empresas y oficios, cuyas ganancias podrían subsidiar indirectamente el precio de la energía local.

En los centros urbanos se debe calcular si las inversiones a través de un pago único (que puede ser fijado en cuotas) para la instalación del sistema en módulos fotovoltaicos, por ejemplo bajo la forma de una cooperativa permiten obtener un mayor rendimiento por mes, que el pago mensual del recibo de electricidad de un oferente comercial, que puede aumentarse considerablemente en el transcurso del tiempo.

Sin embargo, este trabajo se focaliza en las Cooperativas de Electrificação Rurales. Éstas se encuentran en su mayoría en el sur del país, sobre todo en los estados de São Paulo, Santa Catarina, Rio de Janeiro y Rio Grande do Sul. Hasta

---

<sup>74</sup> Ibid.

ahora 54 Cooperativas de Electrificação rural fueron reconocidas por Aneel.<sup>75</sup> A diez cooperativas, todas en los estados de São Paulo y Rio de Janeiro, se les aprobó la regularización como concesionarias de energía en el año 2008. Ellas recibieron – después de ocho años de procesos administrativos – las concesiones para distribuir energía eléctrica dentro de las áreas donde actúan.<sup>76</sup>

Sin embargo, las cooperativas no son autosuficientes aún para satisfacer sus necesidades de energía eléctrica. En el caso de la Federação das Cooperativas de Energia, Telefonia e Desenvolvimento Rural do Rio Grande do Sul (Fecoergs), por ejemplo, se indica que 20 hidroeléctricas pequeñas con una capacidad instalada total de 43,25 MW generan 16,12 por ciento del consumo final de las 224.689 familias asociadas en las 15 cooperativas filiadas,<sup>77</sup> debiendo adquirir la diferencia de otras concesionarias.

Lo mismo vale para la Federação das Cooperativas de Electrificação Rural de Santa Catarina (Fecoerusc), una asociación de 22 cooperativas con más de 170 mil propiedades catarinenses. La energía requerida por los 650.000 usuarios en todas las cooperativas alcanzó 970.543 MWh en el año 2006, de los que tres cooperativas asociadas generaron solo un 2,97 por ciento. El resto se tenía que contratar de “concessionária – permissionária”.<sup>78</sup>

En su mayoría las cooperativas extendían las redes eléctricas dentro de sus áreas de actuación hacia zonas rurales. Estas redes de distribución rural cuestan mucho menos que las redes para la transmisión de largas distancias en sistemas de alto-voltaje. La Cooperativa de Electrificação Centro Jacuí (Celetro), por ejemplo, gastó cerca de 1,1 millones de Reais<sup>79</sup> (ca. 640.000 US-dólares) para 54 km, o sea cerca a 20.000 Réais (12.000 US-dolares) por km. En total,

<sup>75</sup> Véase Aneel (2007): Informativo Semanal N° 299, 14 a 20 de dezembro de 2007, [8].

<sup>76</sup> Véase Aneel (2008): Informativo Semanal N° 316, 02 a 08 de maio de 2008, [9].

<sup>77</sup> Véase [10].

<sup>78</sup> Véase [11].

<sup>79</sup> Véase [12].

la red de Celetro se extiende en más de 4500 km brindando energía eléctrica a más de 18.000 usuarios. A parte de la construcción de redes de transmisión, las cooperativas se encargan de la distribución de energía en los municipios.

Estos ejemplos demuestran que el cooperativismo en relación a la electrificación rural es posible. Sin embargo, por su carácter orientado a brindar servicios para los asociados, las cooperativas actúan según el lema del gobierno e intentan – en primer lugar – llevar “luz para todos”. Pero poco a poco, las cooperativas se dirigen no sólo a la electrificación, sino también a la generación de energía renovable con usinas. La Cooperativa de Energía (Coprel), por ejemplo, que actualmente distribuye electricidad a 11.500 familias rurales y que produce solo un 19 por ciento de esta energía, tiene como objetivo de “gerar 100% da energia elétrica distribuída.”<sup>80</sup> Ante la situación del aumento de tarifas y de la volatilidad de oferta, la Cooperativa Permissionária de Serviço Público de Energia e Desenvolvimento Rural Taquari Jacuí (Certaja) también planifica independizarse y construir sus propias instalaciones para la generación de energía.<sup>81</sup> De la misma manera, la Cooperativa de Eletrificação Rural de Braço do Norte (Cerbranorte) con 13 mil asociados, que se había concentrado en la distribución de energía y la ampliación de la red eléctrica, está invirtiendo en centrales propias.<sup>82</sup>

Si bien las cooperativas mencionadas se focalizan en la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas, el objetivo de llegar a la autosuficiencia hace parecer probable, que usarán en el futuro también otras fuentes renovables.

Las tareas que simultáneamente ejecutan las cooperativas, incluyen la capacitación de electricistas (por ejemplo en Coprel), el entrenamiento de dirigentes y técnicos, la instalación de un banco de datos con informaciones sobre energía eléctrica e índices económicos-financieros, la asistencia técnica así como asesoría sobre cooperativismo y la legislación en el campo de energía

---

<sup>80</sup> Véase [13].

<sup>81</sup> Véase [14].

<sup>82</sup> Véase [15].

eléctrica (por ejemplo en Fecoeusc). Sin embargo, tanto la educación de los socios como de la población en general sobre las ventajas de las energías renovables debería ser intensificado.

Para la realización de sus proyectos, las Cooperativas de Electrificação pueden cooperar con la Confederação Brasileira das Cooperativas de Crédito (Confabras).<sup>83</sup> Un financiamiento podría también brindar el Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) que menciona entre sus objetivos:

- *a expansão e a modernização do setor elétrico;*
- *a diversificação da matriz energética nacional;*
- [...]
- *a promoção de energias renováveis.*<sup>84</sup>

Cabe indicar que las actividades a base de cooperativas no se limitan al sur de Brasil. La Universidade Federal do Amazonas empezó un Proyecto llamado “Modelo de Negócio de Energia Eléctrica em Comunidades Isoladas na Amazônia (Neram), que quiere establecer un modelo de electrificación rural en combinación con la generación de ingresos para las comunidades a partir de insumos locales y productos procesados. La vinculación entre ambos aspectos se aclararía cuando se tenga presente que estas comunidades gasten en el promedio 22 por ciento de sus ingresos en energía, incluso en unos casos podrían pasar un valor del 50 por ciento, causado por el aumento significativo de combustible para sus motores diesel. Ante esta situación se constituyó una cooperativa (Cooperativa Energética e Agro-extrativista Rainha do Açaí, Ceara) para comercializar los productos a base de la pulpa de açaí y – como subproducto – la electricidad que se generaría de los restos de la palmera en un sistema de gasificación, fabricado en la ciudad de Manaus.<sup>85</sup>

---

<sup>83</sup> Véase [16].

<sup>84</sup> Véase [17].

<sup>85</sup> Véase Rodrigues et al, 2006.

## Conclusión

Los puntos claves en relación al sistema energético de Brasil que se ha discutido en el texto, se podría concluir de la siguiente forma:

1. *La característica principal de la estructura en el sector eléctrico brasileño es su alto grado de centralismo.* Con el foco en la generación de energía a través de mega-usinas hidroeléctricas, la producción de electricidad es concentrada en unos tantos puntos dentro del territorio nacional.
2. *Se necesita una red de transmisión de alto voltaje muy amplia para transportar la electricidad de los sitios de producción a los consumidores.* Como consecuencia de la producción centralizada, el sector eléctrico depende de la transmisión de la energía por varios miles de kilómetros. Para disminuir las pérdidas durante la transmisión, se debe construir sistemas de alto y más alto voltaje.
3. *El sistema eléctrico de Brasil es costoso, ineficiente y con graves desventajas ecológicas y sociológicas.* Aparte de los costos elevados para la construcción de los diques y de las líneas de transmisión de alto voltaje, el sistema trabaja ineficientemente por las leyes naturales. La transmisión a larga distancia lo deja con pérdidas que llegan a niveles ubicados entre los más altos del mundo. Por otro lado, la focalización en mega-usinas hidroeléctricas tiene desventajas ecológicas, de las cuales la emisión de cantidades de metano debe ser vista como la más grave. Los embalses afectan además directa e indirectamente a la gente. Más de un millón de personas fueron trasladadas. Y muchos campesinos que viven al lado de los diques dejan sus terrenos por plagas de mosquitos y enfermedades.
4. *El gobierno sostiene sus planes de abastecimiento de energía en sistemas centrales.* Si bien el sistema energético actual tiene muchas desventajas, el gobierno sostiene sus planes de seguir con el centralismo. Se planea construir más megadiques, sobre todo en la Amazonía, y líneas de transmisión de alto voltaje y largas distancias.

5. *Brasil tiene muy buenas condiciones para energías sostenibles y descentralizadas.* Las condiciones para el uso de la energía solar y de la energía eólica alcanzarían para satisfacer la demanda de electricidad del país. La radiación solar en Brasil permitiría su uso tanto en sistemas fotovoltaicos como solar-térmicos. Los costos son comparables – incluso hoy – con los del sistema centralizado (generación y transmisión) y tienen una tendencia de decrecimiento permanente.
6. *Los programas de la promoción de energía renovable por el gobierno han mostrado deficiencias en lograr sus objetivos.* Muchos proyectos del gobierno relacionados a la generación sostenible de electricidad fueron mal ejecutados, excluyeron a la población local y/o se contradijeron entre sí.
7. *Las Cooperativas de Electrificação podrían ser los nuevos actores que brindarían energía sostenible a la población rural y urbana.* Como el Estado sostiene sus planes a base del abastecimiento energético centralizado, mientras sus programas con energías renovables no avanzan en forma permanente, se abrirían las posibilidades de ocupar esta brecha por las Cooperativas de Electrificação. Son ellas, las que cada vez más empiezan a generar energía propia y podrían producir energía renovable no solo para sus asociados.

## Referencias

CAMARGO do Amarante, Odilon A.; BROWER, Michael; ZACK, John; LEITE DA SÁ, Antonio. *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Brasília, 2001.

CLARKE, Christopher. *Cross-Check Survey*. Final Report, A WCD Survey prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, 2000.

DEUTSCHES Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). *Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power*. Final Report, Stuttgart, 2006.

FEARNSIDE, Philip M. *Greenhouse Gas Emissions from a Hydroelectric Reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the Energy Policy Implications*. In: *Water, Air and Soil Pollution* 133, 1-4, p. 69-96, 2002.

GOBIERNO de Brasil. Ministério de Minas e Energia (MME). *Plano Decenal de Expansão de Energia, 2007-2016*, Vol. I (dezembro), Brasília, 2007a.

GOBIERNO de Brasil. Ministério de Minas e Energia (MME). *Plano Decenal de Expansão de Energia, 2007-2016*, Vol. II (dezembro), Brasília, 2007b.

GOBIERNO de Brasil. Ministério de Ciência e Tecnologia; Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (Coppe). *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros*, Rio de Janeiro, 2006.

GOBIERNO de Brasil. Ministério de Minas e Energia (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). *Balanço energético nacional 2007*. Ano base 2006, Rio de Janeiro, 2007.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Financing Mechanisms for Solar Home Systems in Developing Countries*. The Role of Financing in the Dissemination Process, IEA Report PVPS T9-01:2002, Paris, 2002.

INTERNATIONAL Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook 2006*, Paris, 2006.

KNOEPFEL, Ivo. *Indikatorensystem für die ökologische Bewertung des Transports von Energie*. ETH Zürich, Dissertation, Laboratorium für Energiesysteme, Zürich, 1995.

KRISHNASWAMY, Venkataraman; Stuggins, Gary. *Closing the Electricity Supply-Demand Gap. Case Study. Brazil*, World Bank, Energy and Mining Sector Board Discussion Paper 20, (January), Washington, 2007.

LA ROVERE, Emilio Lèbre; Mendes, Francisco Eduardo. *Tucuruí Hydropower Complex, Brazil*, A WCD case study prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, 2000.

LAURES, Wolfgang. *Untersuchungen zum Einsatz von Höchstspannungskabeln großer Längen in der 400-kV-Ebene*, Universität Duisburg-Essen, Dissertation, Duisburg, 2003.

LOCK, Renier. *The New Electricity Model in Brazil*. An Institutional Framework in Transition, in: *The Electricity Journal* 18, 1, (january-february), S. 52-61, 2005.

ORGANIZACIÓN Latinoamericana De Energía (Olade). *Informe de Estadísticas Energéticas 2005*, Quito, 2006.

PAUL-Scherrer-Institut (PSI) (Ed.). *Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen. Potenziale und Kosten*, PSI-Bericht, n. 5-4, (maio), Villingen, 2005.

PEREIRA, Enio B.; ABREU, Samuel L.; STUHLMANN, Rolf; RIELAND, Martin; COLLE, Sergio. *Survey of the Incident Solar Radiation in Brazil by Use of Meteosat Satellite Data*, in: *Solar Energy* 57, 2, (aug.), p. 125-132, 1996.

RODRIGUES, Mônica; XAVIER, Diogo; SOUZA, Rubem; SEYE, Omar; DOS SANTOS, Eyde; FREITAS, Katriona; MORAES, Márcia. *O Projeto NERAM. Modelo de Negócio de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas na Amazônia*, Centro de Desenvolvimento Energético Amazônico, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006. <<http://cdeam.ufam.edu.br/artigos/105.pdf>>. [20 de mayo del 2008].

ROSA, Luiz Pinguelli; DOS SANTOS, Marco Aurélio. *Certainty and Uncertainty in the Science of Greenhouse Gas Emissions from Hydroelectric Reservoirs*. Thematic Review II.2 prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, 2000.

RUIZ, B. J.; RODRÍGUEZ, V.; BERMANN, C. Analysis and Perspectives of the Government Programs to Promote the Renewable Electricity Generation in Brazil. In: *Energy Policy* 35, 5, (May), S. 2989-2994, 2007.

TIBA, Chiguera. Solar Radiation in the Brazilian Northeast. In: *Renewable Energy* 22, 4, (April), S. 565-578, 2001.

TIBA, Chiguera; GROSSI, Gallegos, H.; FRAIDENRAICH, Naum; LYRA, F. J. M. On the Development of Spatial/Temporal Solar Radiation Maps. A Brazilian Case Study. In: *Renewable Energy* 18, 3, (November), S. 393-408, 1999.

UNION for the Coordination of Transmission of Electricity (UCTE). *Statistical Yearbook 2006*, Brussels, 2006.

WORLD Bank. *Benchmarking data of the electricity distribution sector in Latin America and Caribbean Region 1995-2005*. 2005. <[http://info.worldbank.org/etools/lacelectricity/countryscorecard.asp?country\\_id=5&gr3=1&selline=#chart](http://info.worldbank.org/etools/lacelectricity/countryscorecard.asp?country_id=5&gr3=1&selline=#chart)>

## ***Páginas web (último acceso, 20 de mayo del 2008)***

[1]: Itaipu Binacional, <<http://www.itaipu.gov.br/>>.

[2]: Itaipu Binacional, <<http://www.itaipu.gov.br/index.php?q=node/157&foto=geracao.jpg>>.

[3]: Companhia Energética de São Paulo (Cesp), Usina Hidrelétrica Ilha Solteira, <[http://www.cesp.com.br/institucional/usi\\_ilha.asp](http://www.cesp.com.br/institucional/usi_ilha.asp)>.

[4]: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Electronorte), Usina Hidrelétrica Tucuruí, <<http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/pilares/geracao/estados/tucuruui/index.html>>.

[5]: Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco (CHESF), <<http://www.chesf.gov.br/>>.

[6]: Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), <[http://www.mabnacional.org.br/publicacao/folder\\_port.pdf](http://www.mabnacional.org.br/publicacao/folder_port.pdf)>.

- [7]: European Commission – Joint Research Center (JRC), <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgris/imaps/index.htm>>.
- [8]: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/boletim299.htm>>.
- [9]: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/boletim316.htm>>.
- [10]: Federação das Cooperativas de Energia, Telefonia e Desenvolvimento do Rio Grande do Sul (Fecoergs), <<http://www.fecoergs.com.br/geracao.php>>.
- [11]: Federação das Cooperativas de Energia do Estado de Santa Catarina (Fecoerusc), <<http://www.fecoerusc.org.br>>.
- [12]: Cooperativa de Electrificação Rural Centro Jacuí (Celetro), <<http://www.celetro.com.br/mensagem.htm>>.
- [13]: Cooperativa de Energia (Coprel), <[http://www.coprel.com.br/pagina.php?pg=est\\_usinas](http://www.coprel.com.br/pagina.php?pg=est_usinas)>.
- [14]: Cooperativa Permissionária de Serviço Público de Energia e Desenvolvimento Rural Taquari Jacuí (Certaja), <[http://www.certaja.com.br/area\\_de\\_energia/pchs.shtml](http://www.certaja.com.br/area_de_energia/pchs.shtml)>.
- [15]: Cooperativa de Electrificação Rural de Braço do Norte (Cerbranorte), <<http://www.cerbranorte.com.br/?page=usina>>.
- [16]: Confederação Brasileira das Cooperativas de Crédito (Confabras), <<http://www.confabras.com.br/index.html>>.
- [17]: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), <<http://www.bndes.gov.br/infraestrutura/default.asp>>.

Recebido em: 4/7/2007

Acesso em: 16/11/2007