

**Artigo de Pesquisa****EDIFÍCIO SOLAR FOTOVOLTAICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS: O PIONEIRISMO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA****Photovoltaic solar building at the Federal University of Amazonas: the pioneering on the production of sustainable energy in the Amazon**Eron Bezerra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Manaus-AM, Brasil. E-mail. [eronbezerra@hotmail.com](mailto:eronbezerra@hotmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-9913-0811>

Recebido em 21/02/2023 e aceito em 17/03/2023

**RESUMO:** O desenvolvimento da agricultura, com a domesticação de animais e plantas, só ocorreu nos últimos 10 mil anos. Antes a humanidade vivia exclusivamente da simples predação. Com o capitalismo e a revolução industrial, se intensifica o uso dos recursos naturais, no geral de forma extremamente predatória, ameaçando o colapso do próprio sistema produtivo. Conciliar o desenvolvimento das forças produtivas com o uso racional dos recursos naturais tem sido o desafio permanente da humanidade. Um dos principais insumos ao processo produtivo é a energia, no geral oriunda de combustíveis fósseis, altamente poluentes, e hidráulica, com enorme impacto ambiental. O desafio do presente, portanto, é produzir energias sustentáveis, que vise assegurar o suprimento desse insumo estratégico a preço acessível e reduza a emissão de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). No Amazonas, situado na faixa equatorial, a melhor opção é a energia solar. A energia eólica padece de ventos irregulares e com velocidade na faixa de 1 m/s. E a energia hidráulica, tem enorme impacto ambiental, como o exemplo da UHE Balbina demonstra. Dados iniciais do projeto “Estudo do Potencial de Energia Solar Fotovoltaica no Edifício Solar da FCA e sua replicação através do Centro de Capacitação em ESF nos Campus da UFAM”, com 280 kW de potência instalada, indicam que para cada 1.000 kW de energia produzida pelo sistema fotovoltaico da FCA há uma supressão de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub> e uma equivalência de 55 árvores plantadas.

**Palavras-chave:** Energia solar; Edifício solar; Dióxido de Carbono; Desenvolvimento Sustentável.

**ABSTRACT:** The development of agriculture, with the domestication of animals and plants, only occurred in the last 10 thousand years. Before, humanity lived exclusively from simple predation. With capitalism and the industrial revolution, the use of natural resources intensifies, generally in an extremely predatory manner, threatening the collapse of the productive system itself. Reconciling the development of productive forces with the rational use of natural resources has been humanity's permanent challenge. One of the main inputs to the production process is energy, in general coming from fossil fuels, highly polluting, and hydraulics, with a very large environmental impact, therefore, the present challenge, is to produce sustainable energy, that aims to guarantee the supply of this strategic input and reduce greenhouse gas (GHG) emissions, especially carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). In Amazonas, located in the equatorial zone, the best option is solar energy. Wind energy suffers from irregular winds and with a speed of 1 m/s. And hydraulic energy has a very large environmental impact, as the example of UHE Balbina demonstrates. Initial data of the project “Study of the Photovoltaic Solar Energy Potential in the FCA Solar Building of the FCA and its replication through the ESF Training

Center on the UFAM campuses”, with 280 kW of installed power, indicate that for every 1,000 kW of energy produced by the FCA photovoltaic system there is a suppression of 1.2 tons of CO<sub>2</sub> and an equivalent of 55 trees planted.

**Keywords:** Solar energy; Solar building; Carbon dioxide; Sustainable development.

**RESUMEN:** El desarrollo de la agricultura, con la domesticación de animales y plantas, solo ocurrió en los últimos 10 mil años. Antes, la humanidad vivía exclusivamente de la simple depredación. Con el capitalismo y la revolución industrial, se intensifica el uso de los recursos naturales, generalmente de forma extremadamente depredadora, amenazando con el colapso del propio sistema productivo. Conciliar el desarrollo de las fuerzas productivas con el uso racional de los recursos naturales ha sido el desafío permanente de la humanidad. Uno de los principales insumos del proceso productivo es la energía, que generalmente es oriunda de combustibles fósiles, altamente contaminantes, e hidráulica, con un gran impacto ambiental. El desafío actual, por lo tanto, es producir energías sostenibles, que tiene como objetivo asegurar el suministro de este insumo estratégico a un precio asequible y reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En Amazonas, localizada en la zona ecuatorial, la mejor opción es la energía solar. La energía eólica sufre de vientos irregulares y velocidades por el orden de 1 m/s. Y la energía hidráulica tiene un gran impacto ambiental, como ha quedado demostrado con el ejemplo de la UHE Balbina. Datos iniciales del proyecto “Estudio del Potencial de Energía Solar Fotovoltaica en el Edificio FCA Solar y su replicación a través del Centro de Capacitación de la ESF en los Campus de la UFAM”, con 280 kW de potencia instalada, indican que por cada 1.000 kW de energía producida por el Sistema fotovoltaico FCA hay una supresión de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub> y un equivalente a 55 árboles plantados.

**Keywords:** Energía solar; Edificio Solar; Dióxido de carbono; Desarrollo sostenible.

## INTRODUÇÃO

Partindo da premissa de que “não há desenvolvimento sem sustentabilidade e nem sustentabilidade sem desenvolvimento” (BEZERRA, 2010, 2019 a, 2019 b; BEZERRA e FRAXE, 2012) é fácil compreender que o grande desafio da humanidade, ontem e hoje, sempre foi buscar a conciliação do uso sustentável dos recursos naturais com o modo de produção das forças produtivas em cada período histórico.

Ao longo de sua trajetória a humanidade experimentou, segundo Morgan (2019), três grandes estágios (selvageria, barbárie e civilização) e desenvolveu sete ideias básicas: subsistência, governança, linguagem, família, religião, arquitetura e propriedade, as quais se desenvolveram ainda na selvageria e continuam se desenvolvendo. Esse processo, naturalmente, ocorre de forma bastante distinta e assimétrica pelos inúmeros grupos sociais que habitam o planeta terra, o que explica as distintas concepções de uso dos recursos naturais ao longo dos tempos.

Nesse longo processo e em conformidade com o nível de desenvolvimento das forças produtivas e da consciência social decorrente, a relação da tribo humana com o meio ambiente foi errática, mas predominantemente predatória.

Oscilou, segundo Bezerra (2019a), entre práticas absolutamente predatórias, especialmente com o advento do modo de produção capitalista; concepções santuaristas, que advogam o congelamento de todos os recursos naturais e um

regramento ambiental baseado essencialmente na política de comando e controle, ou seja, multa e repressão; e, embora minoritária, concepções sustentabilistas, que advoga o justo equilíbrio entre produção e conservação e mesmo preservação, visando a redução de dependência.

Os produtivistas sustentam que os recursos naturais são infinitos ou podem ser substituídos por outros, razão pela qual tem como única preocupação a produção, sem qualquer preocupação conservacionista; os santuaristas, embora identifiquem corretamente que todo recurso natural é finito, sustentam que os recursos naturais já estão exauridos e, portanto, defendem a preservação extrema, relativizando qualquer produção; e, finalmente, os sustentabilistas, que corretamente entendem que os recursos são finitos, estão devidamente impactados pelo modo de produção capitalista, mas podem e devem ser manejados de forma sustentável, combinando tanto conservação quanto preservação (BEZERRA, 2019 a).

Apesar do rebanho primitivo da humanidade ter algo como um milhão de anos, o *homo sapiens* tem pouco mais de 40 mil anos (BEZERRA, 2019 a, p. 76) e somente nos últimos 10 mil anos conseguiu iniciar, lentamente, a domesticação de animais e plantas, segundo Mazoyer & Roudart (2010, p. 97, 115). Antes vivia da caça e coleta, ou seja, da simples predação dos recursos naturais, sem qualquer preocupação com eventuais impactos ambientais.

Como o rebanho primitivo era reduzido e os meios de produção eram rudimentares, o impacto ambiental provocado pelos nossos ancestrais era bastante limitado, o que foi profundamente alterado com o desenvolvimento das forças produtivas, o aumento da população e o predomínio de concepções anticientíficas no uso dos recursos naturais.

Assim, com o desenvolvimento do modo de produção capitalista e especialmente de sua revolução industrial, o incremento populacional e a falsa concepção de infinitude dos recursos naturais, foi intensificado o uso predatório dos recursos naturais a tal ponto que a degradação ambiental está comprometendo o próprio modo de produção capitalista, evidenciando a imperiosa necessidade práticas produtivas sustentáveis.

### **Mas, o que é sustentabilidade?**

A dialética é o fundamento teórico no qual se apoia a categoria sustentabilidade, cujo desafio contemporâneo é promover o desenvolvimento em bases sustentáveis, o que pressupõe compreender que todos os fenômenos, naturais e ou sociais, estão interligados, interconectados e interdependentes, logo em constante movimento, transformação e evolução. Tudo é finito!

O fato desse elementar fundamento científico não ser compreendido ou aceito pela maioria dos atores sociais é o que explica as práticas predatórias e ou santuaristas (BEZERRA, 2010, 2019a, 2019b; BEZERRA & FRAXE, 2012, 2019) assim como a

dificuldade dos gestores públicos ou privados, bem como de expressiva parcela da academia em formular políticas assentadas na concepção sustentabilista.

No clássico *Do Socialismo utópico ao Socialismo Científico*, Marx & Engels (1979a) colocaram em evidência essa limitação teórica da academia ao afirmarem que “a natureza é a pedra de toque da dialética, e as modernas ciências naturais nos oferecem para essa prova um acervo de dados extraordinariamente copiosos”, mas alertam que “até hoje, porém, os naturalistas que souberam pensar dialeticamente podem ser contados com os dedos de uma mão”.

[...] Aqui é necessário citar Darwin, em primeiro lugar, quem, com sua prova de que toda a natureza orgânica existente, plantas e animais, e entre eles, como é lógico, o homem, é o produto de um processo de desenvolvimento de milhões de anos, assestou na concepção metafísica da natureza o mais rude golpe. Até hoje, porém, os naturalistas que souberam pensar dialeticamente podem ser contados com os dedos, e esse conflito entre os resultados descobertos e o método discursivo tradicional põe a nu a ilimitada confusão que reina presentemente na teoria das ciências naturais e que constitui o desespero de mestres e discípulos, de autores e leitores (MARX & ENGELS, 1979<sup>a</sup>, p. 316).

Na *Introdução à dialética da natureza* Marx & Engels (1979b) são igualmente enfáticos ao demonstrarem o caráter finito de todo tipo de recurso natural, incluindo o sol.

Talvez passem ainda milhões de anos, nasçam e baixem à sepultura centenas de milhares de gerações, mas se aproxima inflexivelmente o tempo em que o calor decrescente do Sol já não poderá derreter o gelo procedente dos polos; a humanidade, cada vez mais amontoada em torno do equador, não encontrará nem sequer ali o calor necessário para a vida; irá desaparecendo paulatinamente todo sinal de vida orgânica, e a Terra, morta, convertida numa esfera fria, como a lua, girará nas trevas mais profundas, seguindo órbitas mais e mais reduzidas em volta do Sol, também morto, e sobre o qual, por fim, cairá. Alguns planetas terão essa sorte antes da Terra, outros depois; e em lugar do luminoso e cálido sistema solar, com a harmoniosa disposição de seus componentes, restará tão só uma esfera fria e morta, que continuará ainda seu solitário caminho pelo espaço cósmico. Destino igual ao que aguarda o nosso sistema solar, será, antes ou depois, o de todos os demais sistemas de nossa ilha cósmica, inclusive aqueles cuja luz jamais alcançará a Terra enquanto restar um ser humano capaz de percebê-la (MARX & ENGELS, 1979 b).

Tal percepção levou Marx ao longo de seus trabalhos a questionar a forma predatória do modo de produção capitalista, inclusive a irracionalidade da propriedade privada da terra, o que era visto por ele como uma aberração.

Do ponto de vista de uma formação econômica superior [isto é, o socialismo], a propriedade privada individual da terra parecerá de tão mau gosto quanto a propriedade de um ser humano por outro. Nem mesmo toda uma sociedade, ou toda uma nação, ou todas as sociedades contemporâneas tomadas em conjunto, são donas absolutas da terra. São

apenas seus ocupantes, seus beneficiários, e, como bons pais de família, têm de deixá-la em melhores condições para as gerações seguintes (BOTTOMORE, 1988, p. 115).

E faz uma crítica contundente ao caráter predatório do modo de produção capitalista na agricultura e na indústria, alertando que esse processo de produção levaria à exaustão as fontes originais de toda riqueza, tanto da terra quanto do trabalhador.

Na agricultura moderna, como na indústria urbana, o aumento da força produtiva e a maior mobilização do trabalho obtêm-se com a devastação e a ruína física da força de trabalho. E todo progresso na arte de despojar não só o trabalhador, mas também o solo; e todo aumento da fertilidade da terra num tempo dado significa esgotamento mais rápido das fontes duradouras dessa fertilidade. Quanto mais se apoia na indústria moderna o desenvolvimento de um país, como é o caso dos Estados Unidos, mais rápido é esse processo de destruição. A produção capitalista, portanto, só desenvolve a técnica e a combinação do processo social de produção, exaurindo as fontes originais de toda riqueza: a terra e o trabalhador (MARX, 2011, p. 571).

E essa crítica é reforçada em *A Situação da Classe Trabalhadora na Inglaterra*, de 1845, onde Marx & Engels (1979 c) mencionam os efeitos devastadores da expansão da indústria sobre o meio ambiente natural.

Como fica demonstrado em seus trabalhos Marx se preocupava, igualmente, com o tratamento dos resíduos industriais e agrícolas, assim como dos resíduos orgânicos, os quais “são da maior importância para a agricultura”, mas destacava que “quanto à aplicação deles há um colossal desperdício na economia capitalista; em Londres, por exemplo, o melhor que sabe fazer com os excrementos de 4 ½ milhões de habitantes é utilizá-los, com enorme dispêndio, para infectar o Tâmsa” (MARX, 2008 a, p.135).

Mas, coerente com o princípio de que tudo está em “movimento, transformação e evolução”, Marx (2008 c) acreditava que o desenvolvimento das ciências naturais e principalmente da Agronomia iria possibilitar a recuperação de áreas degradadas para assegurar o processo de desenvolvimento sustentado, ou seja, acreditava na ciência.

O desenvolvimento das ciências naturais e da agronomia modifica a fertilidade do solo, ao proporcionar novos meios que possibilitam a exploração imediata dos elementos da terra. Assim, na França e nos condados orientais da Inglaterra, terras arenosas, antes reputadas inferiores, elevaram-se a primeira categoria. E terras consideradas ruins, não pela composição química, mas por oporem obstáculos mecânicos e físicos ao cultivo, convertem-se em boas logo que se descobrem os meios de dominá-los (MARX, 2008b, p. 1018).

Embora a finitude dos recursos naturais já fosse proclamada por pensadores como Epicuro (2005, p. 48-49) nos idos de 341-270 a.C. e por Goethe (1956) ao afirmar que “tudo que nasce deve morrer” (palavras de Mefistófeles no Fausto de Goethe, 1808) bem como por Marx (2008 a; 2008 b; 2011) e por Marx & Engels (1979 a;

1979 b; 1979 c), essa premissa sempre foi contestada pelo modo de produção capitalista.

Não por acaso, como enfatiza Bezerra & Fraxe (2019), em todas as três Conferências Mundiais Ambiental (1972, 1992, 2012) as distintas concepções de uso dos recursos naturais – produtivistas, santuaristas e sustentabilistas – estiveram presentes e em campos opostos. São posições antagônicas, de difícil conciliação.

Por outro lado, sublinha Bezerra (2019 b, p. 22), “como o produtivismo é a essência da sociedade capitalista, é fácil deduzir que esse modo de produção é incompatível com o desenvolvimento sustentável”.

Mas, como o materialismo histórico nos ensina, a humanidade não se põe problema que não possa resolver, de onde se infere que eventuais dificuldades não são necessariamente um problema e sim um desafio a ser superado.

Cada vez mais a vida e seu permanente desenvolvimento nos põe diante de mais evidências dessa assertiva teórica. Dessa feita no que diz respeito à crise de energia pela qual o mundo atravessa, não só pela simples e pura escassez ou mesmo inexistência desse insumo básico ao desenvolvimento social, como pelo desafio de produzir energia limpa e acessível ao conjunto da humanidade, em conformidade com o que preconiza os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente o ODS 7 (BRASIL, 2023 c).

O desenvolvimento sustentável, porém, pressupõe a aceitação de um conjunto de vetores que dialogue com os múltiplos aspectos da dinâmica social e econômica, dentre os quais, sem hierarquização, devemos sublinhar os de natureza sociocultural, ciência e tecnologia, infraestrutura e o desenvolvimento sustentado.

Mas, “tais pressupostos, porém, serão meras retóricas enquanto os trabalhadores não tiverem acesso a recursos tecnológicos, científicos e organizacionais que lhes permita pôr em prática essa teoria. E esse é o debate posto às distintas correntes ambientais” (BEZERRA, 2019 b, p. 22).

Compreender, por exemplo, que a sociedade não se desenvolve de forma retilínea e que é preciso ter presente essas assimetrias, é o ponto de partida para evitar tensões e conflitos no processo desenvolvimento social. De igual forma é impossível prescindir de ciência e tecnologia, de infraestrutura (especialmente energia) e de práticas sustentáveis para dar concretude à dinâmica desse processo.

Nosso tempo para agir e evitar uma castátrófe irreversível está acabando, como bem realça Bezerra (2019 b).

Assim, a manutenção da espécie humana sobre o planeta terra está condicionada à nossa capacidade de desenvolver a ciência e a tecnologia para manejar os recursos naturais, dentro da lógica de que não há desenvolvimento sem sustentabilidade e nem sustentabilidade sem desenvolvimento, e tendo presente que a busca da sustentabilidade não é uma opção, mas sim uma exigência a qualquer processo econômico e social (BEZERRA, 2019b, p. 22).

Os fundamentos teóricos que demonstram a finitude dos recursos naturais e a imperiosa necessidade de manejo que guarde coerência com os princípios científicos estão postos e muito bem fundamentados. O principal obstáculo à sua aplicação são as distintas concepções que polemizam a questão ambiental e, como demonstrado, o modo de produção capitalista, essencialmente predador.

### **A opção da energia solar fotovoltaica, como uma matriz sustentável**

No presente, a energia elétrica é um insumo essencial ao processo produtivo, cuja demanda é sempre crescente, o que nos impõe, a um só tempo, o desafio permanente de produzir energia e garantir que seja de fontes sustentáveis tanto para assegurar o suprimento da demanda quanto para promover o desenvolvimento econômico e social sem que isso represente o colapso das próprias forças produtivas pela completa exaustão dos recursos naturais.

Segundo a ANEEL (BRASIL, 2023 a), o sistema elétrico do estado do Amazonas, que até recentemente era completamente “isolado” do sistema nacional, tem 2.105,23 MW de potência instalada (PI), produzidos em boa parte por usinas à base de combustível fóssil e pela UHE Balbina - exemplo acabado de tragédia ambiental na construção de hidrelétricas no Brasil – o que impõe a exigência de alternativas sustentáveis.

A resposta a esse desafio está na energia solar fotovoltaica: preço decrescente, fácil de manejar, armazenar e praticamente sem impacto ambiental, até porque o mais racional é instalar os painéis sobre áreas já alteradas, por ação antrópica ou natural.

Os painéis podem ser instalados sobre os tetos de prédios e residências, estacionamentos, campos naturais e ou sobre os imensos lagos criados pelas barragens das hidrelétricas mundo afora. Após serem interconectados em rede, são ligados a inversores que convertem a energia solar fotovoltaica (ESF) em energia elétrica, cuja produção poderá ser lançada diretamente na rede da concessionária de energia (sistema on grid) ou armazenada em baterias apropriadas (sistema off grid).

No Brasil, um dos primeiros trabalhos propondo o aproveitamento de edifícios solares fotovoltaicos para converter energia solar em energia elétrica é o de Ruther (2004), em “Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil”, no qual ele descreve de forma detalhada a instalação e o potencial da energia solar fotovoltaica.

No caso particular do Amazonas é fácil demonstrar que a principal fonte de energia sustentável será a energia solar fotovoltaica (ESF), tanto pela localização geográfica quanto pela limitação da energia eólica e hidráulica.

Localizado predominantemente na faixa equatorial, o Amazonas tem um fotoperíodo médio na ordem de 12 horas/dia e algo como 4,5 horas de insolação por dia, como indica o **Atlas brasileiro de energia solar** (PEREIRA et al., 2017), o que lhe assegura razoável estabilidade anual no suprimento da ESF.

Dados inéditos da nossa unidade de pesquisa em energia, clima e desenvolvimento sustentável (UPEC), indicam vento com velocidade média na faixa de 1 m/s e direção aleatória, evidenciando a profunda limitação da alternativa eólica no Amazonas, sem secundarizar sua importância em regiões cuja climatologia favorece esse modal como, por exemplo, o Nordeste e o Rio Grande do Sul.

E a energia hidráulica, embora seja uma matriz essencialmente limpa, tem profundas limitações de construção em regiões com topografia predominante de planícies, como é o caso do Amazonas, em decorrência do enorme impacto ambiental produzido pelas gigantescas áreas inundadas, como demonstra a Usina Hidrelétrica de Balbina (01°54'7"S – 059°28'25"W), construída pela ditadura militar no rio Uatumã, município de Presidente Figueiredo, e inaugurada no final da década de 1980.

O lago da UHE Balbina inundou uma área de 236 mil hectares para construir uma usina com 250 MW de Potência Instalada (PI), embora a sua produção real fique abaixo de 50% da potência projetada. Para cada MW de potência instalada foi inundado 944 hectares. Se considerarmos apenas a produção real da usina, essa relação sobe para 1.888 ha/MW. Essa aberração fica ainda mais evidente quando se compara o lago de Balbina com a área inundada e a potência instalada das maiores hidrelétricas do país: Itaipu 9,64 ha/MW, Belo Monte 4,26 ha/MW, Tucuruí 34 ha/MW, Jirau 9,65 ha/MW, Santo Antônio 15,30 ha/MW. E mesmo Sobradinho, uma das mais antigas do Brasil, tem 401,33 ha/MW. Balbina expressou, como em poucos casos, o grau de irracionalidade da ditadura militar.

E as usinas à base de combustível fóssil, além do elevado custo na aquisição do insumo e do transporte num estado com mais de 1,5 milhão de km<sup>2</sup>, são altamente poluentes.

Dados da EPE - Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2023 b) para 2021 indicam que as emissões de CO<sub>2</sub> antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiram 445,4 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, algo como 2,1 toneladas *per capita*, contra 1,9 toneladas em 2019 no Brasil, 5,9 da União Européia, 7,1 da China e 14,4 toneladas dos EUA, o maior poluidor do planeta.

A análise apenas da emissão pela produção de energia elétrica registra um cenário equivalente, segundo a mesma fonte. Em 2019 a China emitia 698,6 kg de CO<sub>2</sub> por MWh de energia elétrica gerado; os EUA (386,9 kg), a União Europeia (285,0 kg) e o Brasil (104,1 kg), tendo evoluído para 118,5 kg / MWh em 2021, o que reforça a importância do uso de energias limpas e sustentáveis, como a ESF.

Recorrer à ciência para superar essa aparente contradição de produção *versus* conservação é o desafio do presente e a tarefa que nos impusemos através de nosso grupo de pesquisa em energia, clima e desenvolvimento sustentável (UPEC). No presente estamos desenvolvendo dois grandes projetos com esse objetivo: o estudo do potencial de energia solar dos municípios do Amazonas, a partir de estações solarimétricas padrão EPE, instalada em todas as regiões do estado, visando a confecção do mapa solar do Amazonas e o projeto **“Estudo do Potencial de Energia Solar Fotovoltaica no Edifício Solar da FCA e sua replicação**



**através do Centro de Capacitação em ESF nos Campus da UFAM**”, que visa a produção e a capacitação em energia solar fotovoltaica em todos os campus da UFAM (Manaus, Benjamin Constant, Coari, Humaitá, Itacoatiara e Parintins).

Em 25.10.2021 inauguramos o 1º Edifício Solar do Amazonas, situado nos 2 prédios da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM, em Manaus, com 280 kW de potência instalada, como parte inicial de um projeto que prevê o atendimento de todos os demais campus da UFAM.

Os dados iniciais do projeto, indicam que para cada 1.000 kW de energia produzida pelo sistema fotovoltaico há uma supressão de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub> e uma equivalência de 55 árvores plantadas, evidenciando o seu elevado alcance energético e ambiental.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de energia fotovoltaica da UFAM, nesta primeira fase, é composto por 801 KW de Potência Instalada (PI), distribuído nas usinas de Manaus, Benjamin Constant, Coari, Humaitá, Itacoatiara e Parintins. Quando estiver totalmente instalado será capaz de produzir entre 1.250.000 à 1.500.000 KW de energia por ano e assegurará uma redução da ordem de 1,5 milhão de reais na despesa com energia elétrica.

A usina fotovoltaica da FCA Manaus, objeto do presente trabalho, tem 280 kW PI. O complexo contém 630 painéis de 445 W de potência unitária, instalados em rede no teto dos prédios da FCA 1 e 2 (Figura 1) e tem capacidade para produzir 454.000 kW / ano de energia solar fotovoltaica.



**Figura 1.** Edifício Solar da FCA. Campus Universitário da UFAM, Manaus, AM. **Fonte:** O Autor

Os painéis captam a energia solar fotovoltaica e enviam a um conjunto de cinco inversores da marca Goodwe, sendo 4 de 50 KV e 1 de 30 KV, que fazem a conversão da energia solar fotovoltaica em energia elétrica (Figura 2).



**Figura 2.** Inversores Goodwe. Usina Fotovoltaica FCA-UFAM. **Fonte:** O Autor

Como o nosso sistema é **On Grid** a energia produzida pela usina é lançada diretamente na rede elétrica da concessionária.

O sistema de monitoramento dos inversores nos permite acompanhar a produção de energia e estimar sua relação com a redução na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mensurado na Unidade de Pesquisa em Energia, Clima e Desenvolvimento Sustentável - UPEC (Figuras 3 e 4), bem como o equivalente em árvores plantadas.



**Figura 3.** Unidade de Pesquisa Clima, Energia e Desenvolvimento Sustentável (UPEC).  
**Fonte:** O Autor



**Figura 4.** Estação Solarimétrica da UPEC no Campus da UFAM Manaus. **Fonte:** O Autor

A concentração de CO<sub>2</sub> no Campus da UFAM – um fragmento florestal de aproximadamente 600 hectares - foi obtida com um multisensor DeltaOHM (Figura 5).



**Figura 5.** Multisensor. Monitoramento de CO<sub>2</sub> no Campus UFAM, Manaus, AM. **Fonte:** O Autor

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como se sabe, a energia elétrica é um insumo básico ao processo produtivo e de desenvolvimento da sociedade, por isso mesmo experimenta constante expansão e sua produção precisa ser adequadamente solucionada para não agravar a crise ambiental do planeta.

No Amazonas, a limitação da matriz eólica e hidráulica, por razões distintas, deixam a energia solar fotovoltaica (ESF) como a principal alternativa de energia sustentável.

A energia eólica, padece de ventos muito baixo, na faixa de 1 m/s e não direcional, conforme os dados na nossa unidade de pesquisa (UPEC), o que certamente criaria grande dificuldade na captação dessa energia.

A opção por usinas hidrelétricas, cuja matriz energética é relativamente limpa, apresenta 02 inconvenientes básicos: elevado impacto ambiental e financeiro, duas questões cada vez mais difícil de serem equacionadas, tanto pela legítima pressão que a sociedade exerce para evitar impactos ambientais, quanto pela escassez de recursos para suportar investimentos bilionários, geralmente indisponível para a maioria dos países do planeta Terra.

Em regiões com predominância de planícies, como o Amazonas, essa situação é ainda mais grave, como demonstra a construção da UHE Balbina, que inundou 236 mil hectares para instalar uma usina com 250 MW de potência instalada (PI). Cada 1 MW de PI inundou 944 hectares.

Essa aberração fica ainda mais evidente quando confrontada com a capacidade instalada e a área inundada das 5 maiores hidrelétricas do Brasil: Itaipu, PR (14.000 MW, lago 1.350 km<sup>2</sup>), Belo Monte, PA (11.233 MW, lago 478 km<sup>2</sup>), Tucuruí, PA (8.370 MW, lago 2.850 km<sup>2</sup>), Jirau, RO (3.750 MW, lago 362 km<sup>2</sup>), Santo Antonio, RO (3.568 MW, lago 546 km<sup>2</sup>). A estupidez praticada em Balbina não é suplantada nem mesmo pelas usinas mais antigas como Sobradinho, BA (1.050 MW, lago 4.214 km<sup>2</sup>), segundo dados da ANEEL (2023) e adaptados na Tabela 1.

**Tabela 1. UHE x Usina ESF: Potência Instalada (PI) - Produção (MW) - Área (ha)**

<b>UHE x Usina ESF: Potência Instalada (PI) - Produção (MW) - Área (ha)</b>								
<b>UHE. Relação PI (MW) / Área (ha) / Produção (MW) Dia</b>					<b>Usina Solar. Relação Produção (MW) / Área (ha)</b>			
<b>Nome</b>	<b>PI (MW)</b>	<b>Lago (ha)</b>	<b>Ha / MW</b>	<b>Produção Dia (MW)</b>	<b>Painéis (Qtde)</b>	<b>Produção Dia (MW)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% lago</b>
Itaipu	14.000	135.000	9,64	336.000	135.758.000	336.001	27.152	20,11
Belo Monte	11.233	47.800	4,26	269.592	108.927.000	269.594	21.785	45,58
Tucuruí	8.370	285.000	34	200.880	81.164.000	200.881	16.233	5,70
Jirau	3.750	36.200	9,65	90.000	36.364.000	90.001	7.273	20,09
StoAntonio	3.568	54.600	15,3	85.632	34.599.000	85.633	6.920	12,67
Sobradinho	1.050	421.400	401,3	25.200	10.182.000	25.200	2.036	0,48
Balbina	250	236.000	944	6.000	2.425.000	6.002	485	0,21
<b>Total Geral</b>	<b>42.221</b>	<b>1.216.000</b>	<b>28,8</b>	<b>1.013.304</b>	<b>409.419.000</b>	<b>1.013.312</b>	<b>81.884</b>	<b>6,73</b>
<b>Amazonas</b>	<b>2.105</b>	<b>NSA</b>	<b>NSA</b>	<b>50.526</b>	<b>20.415.000</b>	<b>50.527</b>	<b>4.083</b>	<b>1,73</b>

Fonte: O Autor

A Tabela 1 nos permite comparar tanto o impacto ambiental quanto a eficiência produtiva dos sistemas hidráulico e fotovoltaico, evidenciando a larga vantagem do sistema fotovoltaico em todos os sentidos, como demonstraremos a seguir:

1. Tomando o lago da UHE Balbina como referência e considerando 4,5 horas de insolação diária, seriam necessários apenas 485 ha (0,21% do lago), cobertos com painéis de 550 W de potência para produzir a mesma quantidade de energia que, em tese, a hidrelétrica produziria se gerasse os 250 MW de potência instalada nos 236 mil hectares inundados.
2. E com 4.083 hectares (1,73% do lago), igualmente cobertos com painéis de 550 W e insolação de 4,5 horas/dia, é possível produzir toda a energia necessária para suprir a demanda do Amazonas, da ordem de 2.105 MW de potência instalada, segundo a ANEEL (BRASIL, 2023 a), evidenciando a primazia da ESF.

A matriz energética à base de combustíveis fósseis, além de onerosa, é uma grande emissora de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que se constitui no gás de efeito estufa (GEE) de maior concentração na atmosfera e, conseqüentemente, responsável pelo maior percentual do aquecimento global.

Com base nos dados de Barry e Chorley (1976), Ayoade (2012) indica que entre 1870 e 1970, a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) aumentou 11%, oscilando de 294 para 321 ppm, em decorrência da queima de combustíveis fósseis,

sugerindo que essa situação não foi mais grave porque a fotossíntese reduz cerca de 3% da concentração de CO<sub>2</sub> do mundo anualmente (p.17). Indica, ainda, que a concentração de CO<sub>2</sub> poderia chegar a 370 ppm no ano 2000, com o consequente aumento da temperatura em 0,5 C° (p.315).

Dados de nossa unidade de pesquisa, que faz o monitoramento diário de CO<sub>2</sub> no Campus da UFAM, Manaus (Figuras 3 e 4) indica uma concentração da ordem de 500 parte por milhão (ppm), bem superior portanto a média mundial de 380 ppm, coerente com o fato de que a Amazônia ainda é um sumidouro de dióxido de carbono, o que exige que todo o nosso processo produtivo procure sempre conciliar o desenvolvimento com a redução de emissão de GEE.

E o monitoramento da produção de energia solar fotovoltaica (ESF) na usina da FCA indica que para cada 1.000 kW de ESF há uma supressão de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub> e uma equivalência de 55 árvores plantadas, realçando o caráter estratégico da floresta amazônica e da produção de energia solar fotovoltaica, tanto do ponto vista financeiro quanto ambiental.

A importância da conservação e da preservação de grandes biomas florestais, como a Amazônia, fica ainda mais evidente diante da irracionalidade que se continua praticando mundo afora.

Segundo Tanaka (2010), “mais da metade das florestas do planeta foi derrubada nos últimos 8 mil anos, e cada ano é destruída uma área maior que o estado São Paulo” (p.17), o que lhe leva a concluir que haverá uma catástrofe ambiental.

Com base nessa catástrofe eminente, Tanaka, citado, prevê intensa migração de pessoas fugindo da tragédia ambiental em seus países e questiona: para onde irão essas pessoas? Indica que Estados Unidos e Europa serão fortes candidatos, os quais certamente tomarão medidas para evitar esse fluxo migratório, até mesmo porque dados do governo de 2003 concluiu que as mudanças climáticas porão em risco a segurança dos EUA já em 2020. E faz um alerta: “em todo o planeta haverá disputa por terras cultiváveis, energia e, principalmente, água potável” (p.71).

Diante desse cenário afirmar que a Amazônia tem caráter estratégico é redundância, mas, por isso mesmo, é fundamental ter presente que seu desenvolvimento só será efetivo se for assentado em mecanismos e práticas rigorosamente sustentáveis.

Os dados atuais indicam que para cada 1.000 kW produzido de energia solar (ESF) há uma equivalência na redução de emissão de CO<sub>2</sub>, na ordem de 1,2 toneladas, e o equivalente a 55 árvores plantadas. Esses dados evidenciam o alcance do projeto tanto na produção de energia limpa quanto na sua contribuição para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que responde por algo como 60% do aquecimento global produzido pelos GEE

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo dados da EPE (BRASIL, 2023), a matriz energética mundial, em 2020, era 85% de fontes não renováveis e 15% de fontes renováveis. A matriz energética brasileira, em 2021, era mais sustentável: 55% de fontes não renováveis e 45% de renováveis. E a matriz elétrica, para o mesmo período, indicava o mundo com 71% de não renováveis e 29% de fontes renováveis, enquanto o Brasil, tinha uma matriz elétrica de 22% de fontes não renováveis e 78% de renováveis (Tabela 2).

**Tabela 2.** Matriz energética e elétrica do Mundo e do Brasil.

<b>Período de 2020 e 2021</b>	<b>Matriz Energética</b>		<b>Matriz Elétrica</b>	
	<b>Mundo %</b>	<b>Brasil %</b>	<b>Mundo %</b>	<b>Brasil %</b>
<b>Fonte Não Renovável</b>				
Petróleo e derivados, carvão mineral, gás natural, nuclear, outras não renováveis	85	55,20	71,10	21,90
<b>Fonte Renovável</b>				
Biomassa, Derivados da cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal, hidráulica, eólica, solar fotovoltaica, Geotérmica, Resíduos, Solar térmica, Maremotriz, Outras renováveis	15,00	44,80	29,00	78,10
<b>Total Geral Mundo e Brasil</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: O Autor

A busca por energia limpas e acessíveis ao conjunto da população deve ser persistentemente buscada, tanto para evitar o colapso do sistema produtiva em decorrência de uma tragédia ambiental quanto para assegurar o acesso das populações de menor poder aquisitivo a esse insumo essencial.

E esse objetivo adquire ainda mais relevância quando se sabe que, a nível mundial, tanto a matriz energética quanto a elétrica ainda são produzidas fundamentalmente por fontes não renováveis, embora o Brasil tenha um desempenho melhor do que a média geral do planeta.

### **Energia solar. Uma avenida de oportunidades**

De acordo com dados do Sistema de Informações de Geração da ANEEL (BRASIL, 2023), a potência total instalada de energia elétrica no Brasil, até junho de 2022, era 188.143 MW, considerando usinas em operação e empreendimento outorgados em fase de construção. Das usinas em operação, 83,16% são impulsionadas por fontes consideradas sustentáveis, com baixa emissão de gases do efeito estufa.

### **Fontes renováveis: energia solar é destaque**

E o grande destaque das fontes renováveis é a energia solar. Segundo a ANEEL (BRASIL, 2023), a matriz elétrica brasileira conta com 8.591 usinas fotovoltaicas com potência de 4.982.182,61 kW (dados no SIGA até 09.05.2022). Mas o Sistema de

Informações de Geração da ANEEL aponta que 102 empreendimentos estão em fase de construção e 878 estão em fase de construção não iniciada, somando 39.374.237,60 kW de potência outorgada (Tabela 3).

**Tabela 3.** Matriz Elétrica Brasileira e Potência Instalada – 2022.

Dados até Junho 2022			Com Expansão de 2022	
Fonte	MW	%	MW	%
Hídrica	109.421	58,16	109.421	49,17
Solar	4.982	2,65	39.374	17,69
Eólica	21.696	11,53	21.696	9,75
Biomassa	15.905	8,45	15.905	7,15
Uni-Elétrica	0,050	0,000027	0,050	0,000022
<b>Não Renovável</b>	<b>36.138</b>	<b>19,21</b>	<b>36.138</b>	<b>16,24</b>
<b>Total MW</b>	<b>188.143</b>	<b>100</b>	<b>222.535</b>	<b>100</b>

**Fonte:** projeção feita com base nos dados da ANEEL (BRASIL, 2023).

O nosso desafio, portanto, é transformar a catástrofe ambiental produzida em Balbina, expressa pela inundação de 236 mil hectares para gerar uma potência instalada de apenas 250 MW, numa solução energética sustentável a partir do uso racional de parte de seu imenso lago para produzir energia solar fotovoltaica.

Com apenas 0,21% do lago da UHE Balbina, recoberto com painéis solares de 550 W, é possível produzir a mesma quantidade de energia para a qual a hidrelétrica foi projetada, em tese 250 MW de potência instalada e um lago de 236 mil hectares. E com não mais do que 1,73% do lago convertido em usina solar fotovoltaica é possível atender toda a demanda do estado do Amazonas, cuja potência instalada é da ordem de 2.105 MW.

O sistema de energia solar fotovoltaica (ESF) da UFAM, de acordo com o nosso monitoramento, tem reduzido a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e estabelecido uma equivalência de árvores plantadas na proporção de 1,2 toneladas e 55 árvores, respectivamente, para cada 1.000 kW de ESF produzido.

Quando todo sistema da UFAM (Manaus, Benjamin Constant, Coari, Humaitá, Itacoatiara e Parinitins) estiver funcionando plenamente vai assegurar uma redução de 1.560 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano e 46.800 toneladas em 30 anos, bem como uma equivalência em árvores plantada da ordem de 71.500 por ano ou 2.145.000 em 30 anos. Significa que em 8 anos o sistema “reflorestará” uma área haverá equivalente aos 600 hectares da área do campus universitário da UFAM, em Manaus.

A opção de atender essa demanda com combustíveis fósseis é inviável e irracional, tanto pela intensa emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o consequente agravamento do efeito estufa que essa matriz energética proporciona, quanto pelo elevado custo e a própria escassez do produto.

No Amazonas, mesmo com o advento da “luz para todos”, boa parte das comunidades isoladas continuam tendo o fornecimento de energia elétrica a partir de precários geradores movidos a combustível, geralmente gasolina, os quais



funcionam, não mais que duas horas por dia, na medida em que o custo de mantê-los funcionando 24 horas teria um custo tão elevado que é impossível ser suportado pela comunidade, sem mencionar a emissão de CO<sub>2</sub> pela queima de combustível fóssil. Na prática a comunidade não tem energia elétrica, o que lhe impede de desenvolver qualquer processo produtivo, como agroindústrias, por exemplo, e mesmo acondicionar adequadamente produtos perecíveis do dia a dia.

A alternativa hidrelétrica, embora essencialmente limpa, tem elevado custo de implantação e, na maioria dos casos, altíssimo impacto ambiental, como evidenciam os exemplos de Balbina (AM) e Sobradinho (BA).

O recurso às energias renováveis e sustentáveis, como a energia eólica e solar fotovoltaica nos parece o caminho mais racional. No caso específico do Amazonas, se a limitação de vento restringe a opção eólica, não resta dúvidas que temos abundância de sol e radiação ao longo do ano, o que transforma a energia solar fotovoltaica na nossa opção prioritária.

O nosso desafio, portanto, é transformar a catástrofe ambiental produzida em Balbina, expressa pela inundação de 236 mil hectares para gerar uma potência instalada de apenas 250 MW, numa solução energética sustentável a partir do uso racional de parte de seu imenso lago para produzir energia solar fotovoltaica.

## AGRADECIMENTOS

Ao Senado da República, especialmente a então Senadora Vanessa Grazziotin (PCdoB-AM), cuja emenda parlamentar assegurou a execução da maior parte do pioneiro projeto de energia solar fotovoltaica (ESF) na UFAM;

Ao Ministério de Educação (MEC) que igualmente aportou recursos para a ampliação da meta inicial do projeto;

Ao Magnífico Reitor Sylvio Puga, entusiasta de primeira hora do projeto, pelo apoio e incentivo em todas as fases do projeto;

A equipe da Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação (PROPESP) e a Pró-reitora Selma Baçal, não apenas pela concessão de parte das bolsas aos estudantes, como pelo apoio constante na execução do projeto;

Aos colegas da UPEC, docentes, discentes e técnicos, pelo empenho e dedicação na realização desses sonhos pois, creio, **ninguém vive sem sonhos!**

## REFERÊNCIAS

- AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 16<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- BEZERRA, E. **Amazônia, esse mundo à parte**. Manaus: Anita Garibaldi, 2010.
- BEZERRA, E. **Sustentabilidade: trilhas a percorrer**. 1.ed. São Paulo: Editora Anita Garibaldi; Manaus: EDUA, 2019 a.
- BEZERRA, E. O desenvolvimento sustentável pressupõe Ciência & Tecnologia. **Revista Sustentabilidade**. v. 2, n. 2, p. 17-22, 2019 b.
- BEZERRA, E.; FRAXE, T. J. P. O desafio de produzir com sustentabilidade na Amazônia. **Revista Princípios**, n. 118, p. 14-19, 2012.
- BEZERRA, E.; FRAXE, T. J. P. O que é Sustentabilidade?. **Revista Sustentabilidade**. v. 1, n. 1, p. 17-22, 2019.
- BOTTOMORE, T. et al. **Dicionário do pensamento marxista**. 2<sup>a</sup> edição, Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1988.
- BRASIL. **Potência elétrica instalada no Brasil**. ANEEL. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/cec20fdd-97e4-40a8-870f-c63339f5d8b7/resource/6fbee0f8-2617-4879-a69a-6b7892f12dad/download/capacidade-instalada-gerac>. Acessado em 29.01.2023 a.
- BRASIL. **Balanco Energético Nacional. Relatório Síntese 2022**. BEN, EPE: MME. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2022\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf) – Acessado em 18.02.2023 b.
- BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. As Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acessado em 21.02.2023 c.
- EPICURO DE SAMOS. **Pensamentos**. São Paulo: Editora Martin Claret, 2005.
- GOETHE, J. W. Von. **Fausto**. Aveiro: W. M. Jackson Inc. Editores, 1956. Disponível em: <http://www.ebooksbrasil.org/eLibris/faustogoethe.html>. Acesso em: 3 de mar. De 2023.
- MARX, K. **O Capital**. Crítica da Economia Política. O processo global de produção capitalista. Livro 3, v.4. Tradução Reginaldo Sant'Anna. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008 a.
- MARX, K. **O Capital**. Crítica da Economia Política. O processo global de produção capitalista. Livro 3, v.6. Tradução Reginaldo Sant'Anna. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008 b.
- MARX, K. **O Capital**. Crítica da Economia Política. O processo de produção do capital. Livro 1, v.1. Tradução de Reginaldo Sant'Anna. 29<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

MARX, K & ENGELS, F. Do socialismo utópico ao socialismo científico. In: MARX, K & ENGELS, F. **Obras Escolhidas**. v. 2. São Paulo: Editora Alfa Ômega, 1979 a.

MARX, K. & ENGELS, F. Introdução à dialética da natureza. In: MARX, K. & ENGELS, F. **Obras Escolhidas**, v. 2. São Paulo: Editora Alfa Ômega, 1979 b.

MARX, K. & ENGELS, F. A Situação da Classe Operária na Inglaterra. In: MARX, K. & ENGELS, F. **Obras escolhidas**, v.3. São Paulo: Alfa-Ômega, 1979 c.

MAZOYER, M. & ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010.

MORGAN, L. H. Ancient Society. In: CASTRO, C. (Org.). **Evolucionismo Cultural: Textos de Morgan, Tylor e Frazer**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2019.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 03 de mar. De 2023.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

TANAKA, S. **Mudanças Climáticas**. Tradução Vera Caputo. São Paulo: Edições SM, 2010.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0