

Soluções integradas para as crises hídrica e energética no Brasil

Flaminio Levy Neto¹

Resumo

Este trabalho sugere soluções para mitigar os efeitos da redução das chuvas no Brasil, principalmente para minimizar consequências negativas que os desmatamentos da Amazônia e do bioma nativo do Cerrado estão produzindo nas precipitações pluviométricas e na vazão de rios, o que veem diminuindo a oferta de água potável e a geração de energia em usinas hidrelétricas (UHE). As medidas para corrigir essas tendências incluem: restauração de solos degradados e sem cobertura vegetal; incorporação de barreiras de vento em monoculturas; instalação de turbinas hidrocinéticas em cursos d'água, bem como a utilização de painéis fotovoltaicos flutuantes nos reservatórios de UHE; um maior aproveitamento das águas das chuvas em todo o País; e a conversão de uma maior parcela da população ao vegetarianismo.

Palavras-chave: Sustentabilidade hídrica e energética

Abstract

This work suggests solutions to mitigate the effects of the continuing reduction of rainfalls in Brazil, mainly in order to minimize the negative consequences that deforestations of the Amazon and the Cerrado (typical Brazilian vegetation) are producing on pluviometric precipitations and river flows, which are diminishing the availability of drinking water and the generation of electricity in hydropower stations. Measures to change such tendencies include: restoration of degraded soil with no protecting vegetation; incorporation of wind barriers in monocultures; installation of hydrokinetic turbines in water streams as well as floating photovoltaic panels in hydroelectricity reservoirs; a wider utilization of rainwater all over the country; and the conversion of a larger portion of the population into vegetarianism.

Keywords: Energetic and hydric Sustainability.

¹ Ph.D. in Mechanical Engineering, University of Liverpool. Mestre e graduado em Engenharia pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Foi docente do ITA, consultor ad hoc da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Professor aposentado da Universidade de Brasília (UnB) e autor dos livros: Compósitos Estruturais - Ciência e Tecnologia; e Energias Renováveis – Atitudes Sustentáveis.

1. Introdução

Até meados do século 20, a região morfoclimática denominada Cerrado ainda apresentava, relativamente às regiões mais próximas da costa do Brasil, baixa densidade demográfica, bem como reduzidos índices de desenvolvimento industrial e urbano. Entretanto, com a criação de Brasília e a expansão das fronteiras agropecuárias direcionadas para a Região Centro-Oeste, este cenário passou a transformar-se de forma acelerada, principalmente com o advento da agricultura mecanizada. Ato contínuo, já no início da década de 70, houve uma reversão envolvendo os percentuais populacionais rural e urbano e, desse modo, o número de habitantes das cidades brasileiras passou a superar aquele dos que residiam no campo. Esta tendência, de forma cada vez mais acentuada, persiste até os dias de hoje. Os propósitos deste trabalho são analisar as consequências da referida tendência e propor Soluções baseadas na Natureza (HERZOG; ROZADO, 2019), bem como em energias renováveis (LEVY NETO, 2019), para minimizar seus efeitos negativos nos ciclos hidrológicos e no meio ambiente em geral.

O Cerrado, que abastece a grande maioria das principais bacias hidrográficas do Brasil, bem como o Aquífero Guarani, passou a ter a sua vegetação nativa derrubada durante o período das transformações socioambientais de décadas recentes. As árvores nativas do Cerrado possuem raízes acentuadamente profundas e que, portanto, facilitam a infiltração das chuvas no subsolo. Isso reduz tanto as enchentes quanto as perdas de umidade nos períodos de seca extrema. Nesse contexto, com cerca de 50% do bioma natural destruído, principalmente em sua região Meridional, o Cerrado passou a ser substituído por pastos, extensas monoculturas sem barreiras de vento e por áreas urbanizadas, nas quais as chuvas escorrem, ao invés de penetrarem no solo, fazendo com que os processos erosivos se intensificassem.

Em decorrência do significativo desmatamento do Cerrado, as chuvas diminuíram progressivamente nesta região. Esta redução nos índices pluviométricos, em média de 8,3% - equivalente a 125 milímetros (mm) de precipitação, perda média de 3,7 mm/ano -, foi verificada em uma pesquisa realizada por Campos (2018), na qual foram conduzidas diferentes análises de tendência de séries temporais de precipitação anual e mensal, em 125 estações pluviométricas do Cerrado, no período entre 1977 e 2010. Adicionalmente à redução das precipitações, uma parcela bem menor do restante das chuvas passou a ser armazenada no subsolo e abastecer as nascentes. Isso fez com que a vazão média dos rios do Cerrado diminuísse em 12% durante os 33 anos das medições.

As florestas absorvem e acumulam os excessos de precipitação e, por um processo conhecido com evapotranspiração, restituem à atmosfera a umidade retida no solo adjacente às suas raízes

profundas, nos períodos de estiagem. Esta estabilização climática, que ameniza tanto os períodos de seca, quanto os de excesso de chuva, só é possível com a presença de florestas (MICCOLIS, 2016; LEVY NETO, 2019).

Atualmente, o Cerrado e suas faixas de transição abrigam não só as metrópoles Brasília e Goiânia, mas também Uberaba e Uberlândia, bem como as capitais Campo Grande, Cuiabá e Palmas. E, apesar de ainda ser considerado o Berço das Águas do Brasil, algumas de suas áreas vêm sendo afetadas por crises hídricas e de geração hidrelétrica. O Distrito Federal (DF), por exemplo, foi acometido por um longo período de racionamento de água, principalmente ao longo de 2017. Isto motivou um estudo científico recente, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal (PGEFL) da Universidade de Brasília (UnB) (CAMPOS, 2018). Esta pesquisa reuniu indícios que apontam como causas desses problemas o desmatamento e a reutilização do solo em intensas atividades de agronegócio, as quais têm o potencial de alterar a precipitação regional, por meio de alterações nos processos biofísicos da vegetação, incluindo mudanças no albedo, rugosidade aerodinâmica e evapotranspiração.

Essas reduções de disponibilidade hídrica impactam negativamente não só as populações do Cerrado e suas faixas de transição, mas também o abastecimento de importantes bacias hidrográficas (cerca de 90% das nascentes do Rio São Francisco, por exemplo, localizam-se no Cerrado), além da geração de energia em usinas hidroelétricas (UHE) de regiões internas e adjacentes a esse bioma. As UHE da bacia do São Francisco vêm tendo a geração de eletricidade significativamente reduzida há mais de uma década (LEVY NETO, 2019). Mesmo com as chuvas acima da média no verão de 2020, os reservatórios das UHE da Região Nordeste estão, em média, com reserva de cerca de 30% da capacidade.

2. Influência da Amazônia e do Cerrado nas chuvas do Cone Sul

Uma significativa parcela das chuvas, em grande parte do Brasil, tem origem na umidade da Amazônia que os ventos (em particular os jatos de baixo nível) carregam para as Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. São os chamados rios voadores. Entretanto, o intenso desmatamento da Amazônia vem prejudicando este complexo sistema continental de distribuição de água, que é vulnerável à derrubada das florestas (MORAN, 2010; CONTI, 2011; LOVEJOY; NOBRE, 2018). Qualquer outro sistema que fornecesse água (na forma de chuva) para as referidas Regiões, em níveis equivalentes ao abastecimento que a Amazônia provê anualmente, custaria incontáveis bilhões de dólares. Só este fato já justificaria a preservação da Amazônia. E é muito mais barato

e eficaz conservar as florestas do que reflorestar. Adicionalmente, de acordo com Legan (2007), áreas florestadas têm de 5 a 6 vezes mais chuvas que as não florestadas. Para se confirmar isso, basta verificar os índices pluviométricos anuais que vêm ocorrendo, nas últimas décadas, na região do Semiárido nordestino e compará-los com as chuvas que ocorrem em regiões da Amazônia que ainda estão preservadas com florestas originais. No caso do Nordeste, apesar dos alertas do Padre Cícero, há mais de cem anos, há fortes indícios de que o desmatamento dos últimos séculos tenha provocando a atual desertificação.

No Brasil, País abençoado com recursos hídricos, está sendo dilapidado um patrimônio ambiental preciosíssimo. Desde que foi implantado, há cerca de 50 anos, o modelo de “desenvolvimento” da Amazônia, baseado na derrubada de vegetação e sua substituição por pastos e monoculturas, vem impactando negativamente a maior floresta tropical do planeta (LOVEJOY; NOBRE, 2018). As consequências serão gravíssimas. Não só para a floresta, que corre risco de ser destruída, mas também para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, nas quais as chuvas diminuirão catastróficamente, se a devastação da área verde e de seu bioma não terminar. O próprio agronegócio, que consome cerca de 70% da água distribuída no Brasil, será significativamente prejudicado (LEVY NETO, 2019).

Entre 1970 e 2010, cerca de 17% da Floresta Amazônica já foi destruída (MORAN, 2010). Esta área desmatada equivale aos territórios da Espanha e França somados. Os brasileiros, principalmente os governantes e empresários, precisam aprender a não degradar a água e tratá-la bem melhor, como o bem essencial que é. Para a água não faltar, é necessário preservar as florestas. Pastos são berçários de desertos (LEVY NETO, 2019).

Atualmente, no Brasil, se dá excessivo valor à produção de carne bovina, que comprovadamente causa câncer e doenças cardíacas (OMS, 2018), em detrimento das florestas, que ajudam a conservar a água que ainda temos para beber e estabilizam o clima. Sem água, não sobrevivemos mais que poucos dias. Sem carne, conforme comprovam os vegetarianos, podemos viver bem mais saudáveis e ter maior expectativa de vida, se comparada à média atual das pessoas em geral (SLYWITCH, 2010).

Na Índia, onde há vegetarianos há várias gerações, cerca de 450 milhões de pessoas não comem carne. É a maior população de vegetarianos do planeta. No Brasil, que fica em segundo lugar, este número já é próximo de 34 milhões.

Na América do Sul, ocupada em grande parte pelo Brasil, existe uma configuração natural favorável para que a Amazônia em geral receba muita chuva. Em grande parte, o fenômeno é devido à ocorrência dos ventos Alísios que trazem a umidade do oceano Atlântico para o

interior do continente. No Brasil em particular, de acordo com Conti (2011), a média anual de chuva ainda é superior a 1000 mm - mais de mil litros por metro quadrado (m²) - em cerca de 90% do território. Esta configuração, que levou milhões de anos para se consolidar, mantém um sistema hidrológico que favorece a produção de eletricidade em rios. Entretanto, a mesma configuração vem sendo afetada por atividades humanas iniciadas há cerca de 50 anos, que têm provocando secas recorrentes em muitas regiões do Brasil (LOVEJOY; NOBRE, 2018), bem como o desabastecimento de importantes bacias hidrográficas, tais como as do São Francisco e do Araguaia. Os itens sinalizados como: A; Ap; B; C; e D, na Figura 1, são essenciais para se compreender, simplificada, de onde vem grande parte das chuvas no Brasil, principalmente no verão, e qual é a origem dos *rios voadores*.

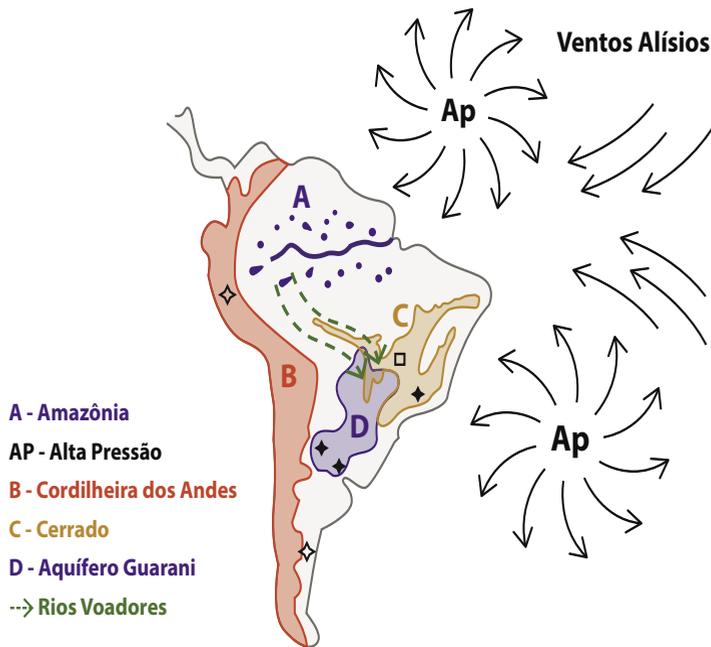


Figura 1. Itens essenciais referentes às chuvas de verão no Brasil

Fonte: Levy Neto, 2019.

Na configuração mostrada na Figura 1, são essenciais os seguintes elementos:

(A) a **Floresta Amazônica**, que realimenta para a atmosfera as chuvas que recebe, por meio de um processo chamado evapotranspiração. Nesse fenômeno, as folhas transpiram a umidade que vem das raízes das árvores. A floresta se mantém exuberante em função de

complexos mecanismos de reciclagem de água e nutrientes. O solo Amazônico, porém, não é nem rico nem profundo e cerca de 17% da floresta nativa já foi destruída, em menos de 40 anos, sendo a pecuária responsável por mais de 80% do desmatamento. É uma taxa de destruição muito elevada. Além disso, se a destruição alcançar cerca de 40%, o ritmo de efeitos perversos pode entrar numa fase catastrófica (irreversível) e conduzir a floresta e uma vasta diversidade, em parte ainda desconhecida, a ser rapidamente extinta (MORAN, 2010);

(Ap) as zonas de **Alta Pressão** no oceano Atlântico, associadas aos ventos alísios, são colunas de ar divergente e frio, portanto, mais densas, que, ao descerem, giram no sentido horário no hemisfério Norte e, anti-horário, no Sul. Os ventos alísios de baixa altitude, que sopram dos trópicos para o Equador, nos sentidos indicados na Figura 1, colaboram para levar a umidade do oceano para o interior da Floresta Amazônica. Diga-se de passagem, esses ventos são os melhores do mundo para geração de energia eólica, tanto em intensidade como em regularidade;

(B) a **Cordilheira dos Andes** é uma cadeia de montanhas, com picos que ultrapassam 6 quilômetros (km) de altura em alguns pontos, formando uma barreira extensa e disposta de tal forma que ajuda a manter muita umidade (representada por pontos escuros sobre a bacia do rio Amazonas) sobre a Amazônia. Quando as condições atmosféricas favorecem, a umidade é direcionada para as Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. São os chamados *rios voadores*. A Amazônia é a região onde mais chove no Brasil, com precipitação anual na faixa de 1400 a mais de 3000 litros/m². Para esta umidade se sustentar e difundir por toda a Amazônia, a presença contínua da floresta, com suas folhas que transpiram umidade, é fundamental (WOHLLEBEM, 2017);

(C) o **Cerrado** é uma região, em média, bem mais alta que as outras que lhe são adjacentes. No Cerrado, há um bioma riquíssimo e bastante peculiar. Em sua vegetação nativa, que evoluiu ao longo de milhões de anos, há árvores tortas, com raízes muito profundas e casca grossa. Por estar em uma região de verão chuvoso e inverno absolutamente seco, o Cerrado especializou-se em armazenar as águas da chuva no subsolo, com o auxílio das raízes profundas. Assim, foi criado um sistema muito resiliente, no qual a vegetação nativa sobrevive à seca anual (via de regra de maio a setembro) usando suas raízes para trazer a água armazenada no subsolo. Como a altitude média do Planalto Central é próxima de 1000 metros, o excedente de água abastece mais de 90% das nascentes da Bacia do São Francisco, o aquífero Guarani, o Rio Araguaia e cerca de 50% da vazão que mantém a UHE de Itaipu funcionando. Porém, quem faz este trabalho fundamental para

a sobrevivência de dezenas de milhões de brasileiros é a vegetação nativa (MICCOLIS, 2016). Ao se derrubar o Cerrado para plantar soja e criar gado, este sistema vai perdendo a eficiência e tudo em volta vai secando. Como consequências, além da mencionada seca dos rios São Francisco e Araguaia, grande parte do Estado de São Paulo teve a maior seca de sua história em 2014. Pelos benefícios que traz ao País, em combinação com as chuvas que recebe da Amazônia, é temerário não frear a destruição desse bioma; e

(D) finalmente, o **aquífero Guarani**, uma reserva de água limpa que se renova com as chuvas conduzidas para o subsolo pelas raízes das árvores. Provavelmente, sem similar no planeta. No entanto, com a destruição conjunta da Floresta Amazônica e do Cerrado, já está deixando de ser reabastecido (LEVY NETO, 2019).

Além dos elementos detalhados na Figura 1, há outros fatores que conectam a presença das florestas com a ocorrência de chuvas. Cerca de 97% da água do planeta é salgada e está nos oceanos. Parte dessa água, já sem sal, é levada para os continentes pelas nuvens que se formam sobre os mares, são empurradas para os continentes pelos ventos e fornecem um suprimento de água, contínuo, para as regiões mais distantes da costa (WOHLLEBEN, 2017). Entretanto, na ausência de florestas, esse mecanismo só funciona até algumas centenas de quilômetros do mar. Nesse caso, ao se afastar da costa, o clima vai ficando progressivamente mais seco, porque a precipitação deixa de ocorrer antes de se chegar ao interior mais profundo do continente. E, de acordo com Wohllebem (2017), a cerca de pouco mais de 300 km da costa, o clima fica tão seco, se não há florestas, que surgem os primeiros desertos. Isso explica, em parte, a desertificação em curso no Nordeste.

Contudo, onde há florestas contínuas, como na Amazônia original (que fica a Oeste do oceano Atlântico e recebe a umidade trazida pelos ventos alísios), parte da chuva é armazenada e, em seguida, evapora-se. Essa evaporação que as árvores liberam no ar, por meio da transpiração das folhas (na faixa de dezenas de metros cúbicos por quilômetro quadrado de floresta), forma novas nuvens, que se deslocam ainda mais para o interior do continente e voltam a se precipitar mais adiante na terra. Esses ciclos se repetem, por milhares de km longe da costa, desde que todo o caminho seja coberto por florestas. Assim, se houver desmatamento, esse sistema vai perdendo a eficiência ao longo dos anos. No Brasil, as consequências já começaram a surgir: o nível de umidade da Floresta Amazônica está cada vez mais baixo (WOHLLEBEM, 2017). Em todo o mundo, cerca de 3/4, ou 75%, das florestas foram derrubadas. No entanto, a interrupção desse mecanismo de transporte de chuvas é verificada em outros continentes. E, apesar do Brasil receber recursos bilionários do exterior para parar de derrubar a Floresta Amazônica, o governo brasileiro vem correndo um sério risco de ter outro apagão elétrico por não criar um mecanismo efetivo para acabar com o desmatamento. Os reservatórios da grande maioria das nossas usinas

hidroelétricas (UHE) e pequenas centrais hidroelétricas (PCH) estão secando. O plano B para elas são as poluidoras, e bem mais caras, usinas termelétricas (UTE). As UTE são mais caras que a energia eólica.

Outro dado que indica a forte interconexão entre as florestas e as chuvas é o fato de que o aroma das árvores, apesar de sutil, também colabora na formação das chuvas. Levado pelos ventos, esses corpúsculos microscópicos, os aerossóis, ajudam a nuclear as primeiras gotículas dentro das nuvens (LEVY NETO, 2019). Todavia, na contramão disso, uma área equivalente ao Uruguai já virou pasto na Amazônia. É um erro querer atender à demanda mundial por carne à custa de derrubar florestas, as quais contribuem para manter as chuvas em praticamente todo o Brasil. E, conforme a apresentação do Dr. Carlos Nobre, no Fórum Econômico Mundial, em Davos, em 2020, a exploração do açaí é cerca de dez vezes mais lucrativa que a pecuária em zonas desflorestada. Ao exportar carne, indiretamente, também se exporta água (LEVY NETO, 2019). Por outro lado, a estiagem em todo o Nordeste brasileiro ultrapassou 5 anos e os reservatórios da maioria das UHE e PCH brasileiras vêm se mantendo cronicamente baixos desde o apagão elétrico ocorrido durante o governo de Fernando Henrique Cardoso (FHC), em 2001. São 19 anos de chuvas abaixo das médias históricas anteriores ao ano 2000.

O bioma Cerrado, correspondente a cerca de 25% do território do Brasil, é considerado um dos mais ameaçados do mundo devido: à rápida expansão do cultivo anual mecanizado de extensas áreas de monocultura, como soja, milho e algodão - nelas, por não haver barreiras de vento, até 70% da irrigação evapora-se, (PRIMAVESI, 1992) -; à abertura descontrolada de novas áreas de pastagem; bem como aos plantios florestais não perenes para produção de celulose e carvão vegetal. Em decorrência dessas atividades, muitas vezes praticadas de forma predatória, o desmatamento no Cerrado atingiu cerca de 30 mil quilômetros quadrados por ano, ou seja, 1,5% de sua vegetação é derrubada todos os anos. Atualmente restam apenas 50% da vegetação natural deste bioma, que levou milhões de anos para se consolidar (MICCOLIS, 2016; LEVY NETO, 2019). Nesse contexto, é crucial reflorestar o Cerrado, principalmente as matas de galeria, pois as nascentes das principais bacias hidrográficas do Brasil têm origem nele. A derrubada indiscriminada do Cerrado também acaba com a biodiversidade em geral, como na redução da população das abelhas, que compromete a polinização necessária à produção de alimentos.

3. Alternativas para a geração de energia elétrica limpa no Brasil

O Brasil possui grande abundância de recursos hídricos, bem como uma longa tradição no projeto, na construção e utilização de UHE e PCH para gerar eletricidade (TOLMASQUIM, 2003;

DE SÁ, 2009). Há muitas publicações e vários relatórios técnicos disponíveis na literatura sobre este assunto, como os que podem ser acessados nos endereços: www.eletronbras.gov.br/EM_biblioteca; e www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf.

Na elaboração de projetos envolvendo UHE e PCH, são necessários conhecimentos em hidráulica, mecânica, engenharias civil e elétrica, bem como em geologia, topografia, hidrologia, hidrografia e meio ambiente. Foge ao escopo deste artigo tratar de um assunto tão vasto e complexo. Além disso, para a implementação dessas usinas e centrais elétricas, são necessários o envolvimento de empresas especializadas e um grande investimento financeiro. Adicionalmente, em função dos alagamentos associados às UHE e PCH, uma considerável parcela da população não as considera como opções sustentáveis. Assim, neste trabalho, é abordado apenas o tema Turbinas Hidrocinéticas (THC), que é uma opção bem mais barata para se gerar eletricidade a partir de correntes fluviais e marítimas e não necessita de reservatórios de água (LEVY NETO, 2019). A ênfase será sobre THC fluviais, por se tratarem de uma alternativa mais adequada para atender pequenas comunidades rurais e vilas situadas em áreas remotas próximas de rios.

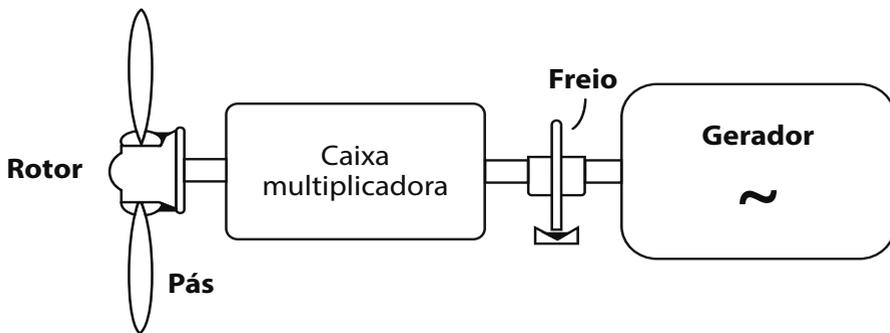


Figura 2. Esquema de turbina hidrocinética de eixo horizontal

Fonte: Levy Neto; Ferreira, 2016.

As THC fluviais (ELS, *et al.*, 2003), conforme esquema ilustrado na Figura 2 (LEVY NETO; FERREIRA, 2016), geram eletricidade a partir da energia cinética de rios e correntezas com velocidade superior a 1 um metro por segundo (m/s), sem a necessidade de se construir barragens e reservatórios. Ou seja, a sua implantação não envolve alagamentos nem a alteração no curso de rios. Esses equipamentos funcionam em posição submersa na correnteza de um rio e, em relação à superfície do curso da água, seu eixo principal pode ser dos tipos: horizontal (Figura 2), vertical (HAMANN ENERGY, 2017) ou inclinado. Sua fabricação é relativamente simples e de

baixo custo, fato que vai ao encontro da necessidade de geração descentralizada de eletricidade em comunidades ribeirinhas isoladas.

Outra forma de gerar eletricidade limpa no Brasil, sem criar praticamente nenhum impacto ambiental adicional, é cobrir uma parcela dos reservatórios das UHE e PCH existentes com painéis fotovoltaicos (FV) flutuantes, conforme mostrado na Foto 1.



Foto 1. Painéis fotovoltaicos flutuantes no reservatório de uma UHE

Fonte: Foto do autor.

A UHE de Itaipu, por exemplo, com área alagada de 1350 km² e potência instalada de 14 gigawatts (GW), produziu, em média, **93,6** terawatt-hora/ano (TWh/ano) entre 2010 e 2016. Se cerca de **40%** desta área fosse coberta com painéis FV, com potência nominal 140 watt por m² (W/m²), seriam gerados os mesmos **93,6** TWh/ano. Neste cálculo, estão descontadas as horas em que não há luz solar. Foram considerados, ainda: que os 140 W/m² se mantêm, em média, por um período de 5 horas por dia; e, dentre outras, as perdas de energia para conversão da corrente contínua (CC) dos painéis FV em corrente alternada (CA). Além disso, como essa energia é equivalente à que Itaipu produz, em períodos de seca, é possível diminuir a vazão das turbinas para economizar água e compensar a redução da energia hidroelétrica com a geração FV. Outra alternativa, até que Itaipu seja adaptada para funcionar como uma UHE reversível, é usar a geração FV para bombear, de volta ao reservatório, a água que desce para acionar as turbinas (LEVY NETO, 2019).

4. Propostas de solução para as crises ambiental, hídrica e energética

De acordo com Primavesi (1992): “no Cerrado, as pastagens limpas não oferecem sustento para o gado durante a seca”. Assim, o ideal é conservar a vegetação nativa do Cerrado o máximo possível. Entretanto, se for inevitável, ao se derrubar as matas desse bioma, isso deve ser feito: “deixando, de 30m em 30m, uma faixa de 10m a 15m de cerrado em pé, que não somente serve de quebra-vento, mas, igualmente, oferece suplemento e sombra para o gado. Com sombra, o gado ganha 30% mais peso que em pasto limpo (PRIMAVESI, 1992). Analogamente, como os quebra-ventos servem de abrigo para pássaros, os quais naturalmente controlam as pragas das lavouras e dos pomares, reduzindo o uso de agrotóxicos, o mesmo vale nas culturas para produção de alimentos. Adicionalmente, além de frearem os ventos, as faixas de floresta nativa são fontes de flores para a criação de abelhas (PRIMAVESI, 1992). Usando-se técnicas agroflorestais, é possível conciliar a recuperação acelerada de áreas rurais degradadas, por exemplo, pastos e demais extensões de terras abandonadas após a exploração com monoculturas de soja. Assim, tais áreas podem ser transformadas e novamente aproveitadas para a produção de alimentos, dessa vez, de forma mesclada com o cultivo de diferentes espécies vegetais, que promovem a recomposição de uma biodiversidade saudável e freiam os ventos, conforme ilustrado na Foto 2.



Foto 2. Implantação de um sistema agroflorestal

Fonte: Foto do autor.

Entre 2000 e 2016, o Brasil derrubou uma área de biomas naturais equivalente a quatro Estados do Rio de Janeiro. Os biomas originais como a Amazônia, a Caatinga, o Cerrado e a Mata Atlântica são benéficos ao meio ambiente e nos protegem tanto das enchentes como das secas. No entanto, quando são substituídos por pastos e monoculturas, outros problemas são criados. Cerca de 20% das nossas terras férteis foram transformadas em pasto degradado e, no Brasil, atualmente, há mais bovinos que humanos. O Brasil é um grande exportador de carne, mas à custa de derrubar imensas florestas e degradar grande parte de seu território. Com isso, muitos rios importantes estão secando. A ciência já demonstrou que o consumo de carne está diretamente associado ao câncer colorretal e aos ataques cardíacos (OMS, 2018). Muito do que é produzido nas monoculturas de soja é para alimentar gado. É muita área mobilizada para produzir algo que prejudica a saúde humana. E há mais dois aspectos importantes nesta questão:

1. Se, em duas áreas de terra, de mesma dimensão e condições climáticas equivalentes, forem cultivados: (i) alimentos vegetais, direto para consumo humano (arroz, feijão, milho, frutas, verduras, etc.); e (ii) um pasto para criar animais, que depois serão abatidos para produzir carne, no caso (i), alimenta-se no mínimo cinco vezes mais pessoas Christofidis (2006). Isso porque, em cada etapa da cadeia alimentar (por exemplo: luz do sol → capim → carne), o rendimento energético varia entre 10% e 17%, ou seja, há uma perda de 83% a 90%. Neste caso, em regiões nas quais a maior parte da população é vegetariana, a área ocupada por florestas pode aumentar consideravelmente.
2. Pastos são precursores (ou berçários) de desertos, pois as raízes do capim são muito rasas e não ajudam as chuvas a penetrarem na terra e irem para o subsolo, onde estão os lençóis freáticos e aquíferos. A água das chuvas escorre e ainda carrega os nutrientes da terra, até chegar nos rios e depois no mar, roubando a fertilidade dos solos. E, neste caminho, uma parcela da água evapora. Só as árvores que tem raízes profundas facilitam a ida da água das chuvas para os aquíferos. E isso, em particular, é muito acentuado no Cerrado Nativo e na Floresta Amazônica. A seca nas regiões Sul e Sudeste, no vale do rio São Francisco e na Bacia do Araguaia têm muito a ver com o desmatamento do Cerrado. E, no Cerrado, onde os períodos de seca, nos invernos, coincidem com os de ventos mais intensos, 70% da água de irrigação é evaporada quando não há quebra-ventos (PRIMAVESI, 1992).

No caso (i) do aspecto 1 anteriormente citado, as etapas são: Luz do Sol → Fotossíntese → Alimento final. No caso (ii), há uma etapa a mais (luz do sol → capim → carne), que consome grande parcela de energia, compacta a terra e cria condições para a desertificação de regiões onde antes existiam florestas. Adicionalmente, de acordo com Christofidis (2006), gasta-se 7000 litros (l) de água para se produzir 1 kg de carne bovina e 4000 l, para 1 kg de carne suína. Ao passo que, na produção de 1 kg de trigo ou milho, gasta-se 1000 l, ou seja, sete vezes menos água

que no caso da carne bovina. E, para produção de 1kg de arroz ou soja, gasta-se 2000 l. Assim, tanto no aspecto energético como no uso de solo e consumo de água, é bem mais ecológico alimentar-se de vegetais do que de carne. Portanto, quando uma parcela da população se torna vegetariana ou reduz o consumo de carne, um ciclo virtuoso é criado. Usa-se menos terra de cultivo, consome-se bem menos água e é criada uma oportunidade para o reflorestamento e/ou a preservação dos biomas naturais (Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica). Com isso, passa-se a ter, simultaneamente, menos problemas de enchentes e secas, considerando-se que as florestas absorvem e armazenam as chuvas torrenciais e transpiram umidade durante as estiagens, ou seja, regulam o clima. Ademais, em um país como o Brasil, que produz 70% de sua energia elétrica em usinas hidroelétricas (UHE), a preservação das florestas deveria ser uma questão de segurança nacional.

No Brasil, há uma área equivalente ao Estado de São Paulo de pastos abandonados. Conforme uma pesquisa coordenada por Miccolis e apresentada no formato de Guia Técnico de Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais (SAF) (MICCOLIS, 2016), é possível recuperar áreas degradadas com opções de SAF voltados para diferentes contextos e diversas condições ambientais. De forma bastante sintética, são elas: a) Sistemas Silvopastoris e Agrossilvipastoris, ambos recomendados ao Semiárido cearense, sendo que o segundo valoriza a interação entre os componentes animal, agrícola e florestal; b) Sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF), preconizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); c) Quintais Agroflorestais, para pequenas propriedades rurais; e d) Agroflorestas Biodiversas Sucessionais ou regenerativas, desenvolvidas por Ernest Gotsch, com experiências promissoras na Caatinga, no Cerrado, na Mata Atlântica e na Amazônia.

Um outro procedimento que economiza água e contribui para reduzir enchentes é a captação, para fins não potáveis, da chuva que desce pelas calhas dos telhados, conforme representado na Figura 3. A água de chuva, após uma filtragem simples com peneira, pode ser usada para: irrigação (70% do consumo de água no Brasil é usado em irrigação); descarga de vasos sanitários; lavar roupas, pisos e veículos, dentre outros usos não potáveis. No Japão e em muitos outros países, economiza-se cerca de 30% de água, por meio do uso de água de chuva e de água cinza já servida, isto é, reciclada.

Com exceção do Sertão do Nordeste, na maioria das regiões do Brasil, ainda chove mais que **1000 (mil)** litros de água por metro quadrado (m^2) por ano. Na região que engloba o Sul de Minas, o Leste de São Paulo e o Rio de Janeiro, a chuva acumulada anualmente varia de **1500 a 2000 litros/ m^2** (TOMAZ, 2003). Assim, de um telhado de $100 m^2$ (10 m por 10 m), pode-se obter mais de 100 mil litros anualmente. A quantidade é suficiente para suprir toda a água consumida por uma família de 4 a 5 pessoas, durante um ano. Adicionalmente, a técnica pode reduzir as

inundações e outros transtornos locais provocados por chuvas torrenciais, quando não contidas. Assim, simultaneamente, se reduz os problemas das secas e das enchentes.

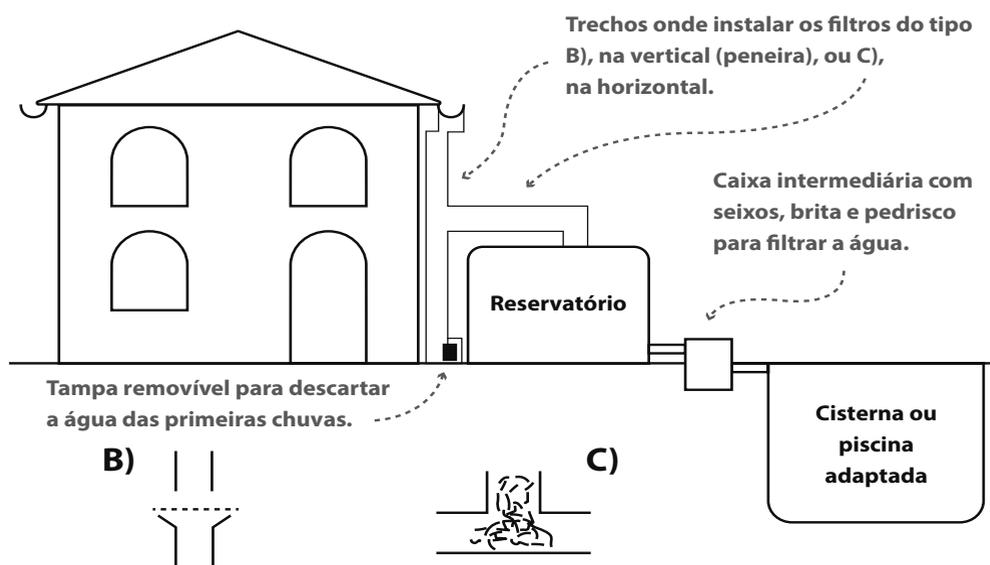


Figura 3. Esquema de captação e armazenamento de águas de chuva

Fonte: Levy Neto, 2019.

5. Conclusões

Este trabalho se propôs a apresentar os mecanismos subjacentes à ocorrência das chuvas no Cerrado e em outras regiões brasileiras mais ao Sul, bem como apontar fatores que vêm contribuindo para a redução das precipitações nessas áreas. A partir das informações obtidas por Campos (2018), sobre o decréscimo contínuo da precipitação pluviométrica média no Cerrado **nos últimos 40 anos** (diminuição de 8,3% medida entre 1977 e 2010 e a recente crise hídrica no DF); e do fato de que cerca de 17% da Floresta Amazônica nativa já foi destruída, **também nos últimos 40 anos**, há uma indicação de que a destruição da Amazônia e o desmatamento do Cerrado vêm contribuindo negativamente para as chuvas do Cerrado. A correlação temporal

entre a derrubada das florestas nessas regiões e a redução nas precipitações no Cerrado reforçam esta possibilidade.

Nesse contexto, para que a degradação ambiental (“Caatingação” do Cerrado) não prossiga - prejudicando a biodiversidade, a disponibilidade de água, a produção de alimentos e a geração de eletricidade nas UHE existentes -, é necessário que as medidas propostas neste estudo e sintetizadas a seguir, dentre outras que possam complementá-las, sejam postas em prática. Tais medidas são urgentes, dado que, conforme vem sendo divulgado em notícias recentes, o desmatamento na Amazônia cresceu 14% entre julho de 2017 e agosto de 2018 (LEVY NETO, 2019).

Para a preservação ambiental, são essenciais as medidas: (i) implantação de SAF (MICCOLIS, 2016) nos pastos abandonados para restaurar essas áreas degradadas (equivalente a um Estado de SP), dado que o principal agente de estabilização climática natural são as florestas; (ii) introdução de barreiras de vento nas monoculturas (no Cerrado, os ventos mais fortes, que evaporam até 70% da água de irrigação, coincidem com os períodos de estiagem, no inverno); e (iii) redução no consumo de carne vermelha, hábito que aumenta a chance de câncer nos intestinos, para que a demanda por criação de novos pastos (berçários de desertos) seja desestimulada. E, para preservar a disponibilidade de água e geração de energia elétrica nas UHE existentes: (iv) captação e armazenamento de mais água de chuva (também para minimizar a ocorrência das enchentes nos meios urbanos e rurais); e (v) utilização de painéis FV flutuantes nos reservatórios da UHE e maior uso de THC nas corretezas dos rios.

Referências

CAMPOS, J. de O., **Variabilidade da Precipitação no Cerrado e sua Correlação com a Mudança no Uso da Terra**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2018.

CHRISTOFIDIS, D., **Um Olhar Sustentável sobre a Água. Em Água como matriz ecopedagógica**, de Catalão V.L. e Rodrigues, M.S. (org.). Depto. Ecologia UnB, Brasília, 2006.

CONTI, J.B., **Clima e Meio Ambiente**. Atual Editora, São Paulo, 2011.

DE SÁ, C.M., **Micro, Mini e PCHs**. Editora da PUC Goiás, Goiânia, 2009.

ELS, R.H.van; CAMPOS, C.de O.; HENRIQUES, A.M.D.; BALDUINO, L.F., **Hydrokinetic turbine for isolated villages**. PCH Notícias e SHP News. 2003.

- HAMANN ENERGY S/A, **Turbinas Hidrocinéticas**, Informações Técnicas. Florianópolis, 2017.
- HERZOG, C.P. e ROZADO, C.A., Diálogo setorial EU-Brasil sobre soluções baseadas na natureza. Direção-Geral da Investigação e da Inovação. União Europeia, 2020
- LEGAN, L., **Soluções Sustentáveis – Uso da Água na Permacultura**. Calango Editora, Pirenópolis - GO, 2007.
- LEVY-NETO, F.; E FERREIRA, G.V., **Simulation of the Mechanical Behavior of a Composite Hydrokinetic Turbine Blade**. Anais do BCCM3, Brazilian Conference on Composite Materials, Gramado RS, 2016.
- LEVY NETO, F., **Energias Renováveis – Atitudes Sustentáveis**. Publicação Independente. Brasília, 2019 (www.nextagetreinamentos.com.br).
- LOVEJOY, T.E. e NOBRE, C., **Amazon Tipping Point**. Science Advances, 4 (2), June, 2018.
- MICCOLIS, A., **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais**. ICRAF, Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal. Brasília, 2016.
- MORAN, E.F., **Meio Ambiente & Florestas**. Editora SENAC, São Paulo, 2010.
- OMS, **Organização Mundial da Saúde**, acesso 03/04/2018, em <https://nacoesunidas.org/onu-consumo-humano-de-carne-processada-e-carne-vermelha-aumentam-risco-de-cancer/>
- PRIMAVESI, A., **Agricultura Sustentável – Manual do Produtor Rural**. Editora Nobel, São Paulo, 1992.
- SLYWITCH, E., **Alimentação sem Carne**. Editora Alaúde. São Paulo, 2010.
- TOMAZ, P., **Água de Chuva**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.
- TOLMASQUIM, M.T., **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2003.
- WOHLLEBEN, P., **A vida secreta das Árvores**, GMT Editores, Rio de Janeiro, 2017.