



Universidade de São Paulo

www.revistas.usp.br/rdg - ISSN 2236-2878

Volume 42 (2022), e189543

DOI: 10.11606/e189543.2022.189543

Conceito de sistemas agrovoltáicos no Nordeste: uma solução de desenvolvimento ecossustentável para o Semiárido nordestino

Concept of agrovoltaic systems in the Northeast: an eco-sustainable development solution for the Northeastern semiarid region of Brazil

Concepto de sistemas agrovoltáicos en el Nordeste: una solución de desarrollo eco-sostenible para la región semiárida del Nordeste de Brasil

Francinete Francis Lacerda¹  , Fabrício Monteiro Neves²  , Lautemyr Xavier Cavalcanti Canel^{3*}  , Geraldo Majella Bezerra Lopes¹  

¹ Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, Recife, Pernambuco, Brasil.

² Universidade de Brasília – UNB, Departamento de Sociologia, Brasília, DF, Brasil.

³ Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, Coordenação Geral de Promoção do Desenvolvimento Sustentável do Meio Ambiente – CGDS, Recife, Pernambuco, Brasil.

¹ Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, Recife, Pernambuco, Brasil.

Email: francislacerda2012@gmail.com (FFL); provi@ii.br (FMN); ffi@ii.br (GMBL)

*E-mail para correspondência: lautemyr@hotmail.com (LXCC)

Recebido (Received): 13/08/2021

Aceito (Accepted): 14/06/2022

Resumo: Com esse artigo vislumbram-se as possibilidades de ganhos com a produção de energia fotovoltaica (solar), em consórcio com a produção de alimentos e mudas de reflorestamento (*Spondias tuberosa*), num sistema denominado “agrovoltáico”. Há ainda o tratamento e reutilização de águas cinzas e negras para produzir água de qualidade para irrigação para atender a produção de mudas e mitigar poluição. Esta iniciativa já qualificou mais de 700 pessoas no manejo dessas tecnologias. Ao descrever essa alternativa produtiva, adaptada às áreas de clima semiárido, busca-se indicar uma alternativa que supere o modelo da produção tradicional de criação de animais e policultura de baixa eficiência. São alternativas econômicas sem um vínculo com sistemas produtivos ancorados em oferta de água abundante e que, ao mesmo tempo, buscam interação com o Sistema Inovativo Regional - SIR, de forma a responder às carências produtivas regionais, em particular as de emprego e renda.

Palavras-chave: Agrovoltáicos; Semiárido nordestino; Desenvolvimento ecossustentável.

Resumen: Este artículo vislumbra las posibilidades de ganancias con la producción de energía fotovoltaica (solar), en consorcio con la producción de alimentos y plántulas de reforestación (*Spondias tuberosa*), en un sistema denominado “agrovoltáico”. También está el tratamiento y reutilización de aguas grises y negras para producir agua de calidad para riego para atender la producción de plántulas y mitigar la contaminación. Esta iniciativa ya ha capacitado a más de 700 personas en el manejo de estas tecnologías. Al describir esta alternativa productiva, adaptada a zonas de clima semiárido, buscamos señalar una alternativa que supere el modelo productivo tradicional de ganadería y policultivo de baja eficiencia. Son alternativas económicas sin vinculación a sistemas productivos anclados en abundante oferta hídrica y que, al mismo tiempo, buscan la interacción con el Sistema Regional Innovador - SIR, para responder a las necesidades productivas regionales, en particular de empleo e ingresos.

Palabras-clave: Agrovoltáica; Nordeste semiárido; Desarrollo eco-sostenible.

Abstract: This article glimpses the possibilities of gains with the production of photovoltaic (solar) Energy in consortium with the production of food and reforestation seedlings (*Spondias tuberosa*), in a system called “agrovoltaic”. There is also the treatment and reuse of gray and black water to produce quality water to irrigate seedling production and mitigate pollution. This initiative has already qualified more than 700 people in the handling of these technologies. By describing this productive alternative, adapted to areas with a semi-arid climate, we seek to indicate an alternative that goes beyond the traditional production model of low-efficiency animal husbandry and polyculture. They are economic alternatives without a link to

productive systems anchored in an abundant supply of water and which, at the same time, seek interaction with the Regional Innovative System – SIR to respond to regional productive needs, those of employment and income.

Keywords: *Agrovoltaic system; Northeastern semiarid; Ecosustainable development.*

1. Introdução

Desde que as secas no Nordeste passaram a ser objeto da ação sistemática do poder público, isso após a seca entre 1877 e 1879, o foco das políticas públicas enfatizou o provimento de água. Até recentemente, a estratégia que orientava a ação governamental era a promoção de obras “*contra*” as secas. Desta lógica, emergiu a identidade da seca como flagelo regional (NOBRE *et al.*, 2019) e um modelo de desenvolvimento em que a água é o principal elemento transformador de geração de riqueza. Foram várias obras públicas – principalmente reservatórios de água – construídas sob esse prisma: aumentar a infraestrutura hídrica no Semiárido nordestino, bem como modelos e estruturas de “*adaptação*” às secas. Estas ações se mostraram insuficientes para transformar a realidade socioeconômica de grande parte das pessoas que habitam o Semiárido nordestino.

Há muito tempo tenta-se sair do padrão criação de animais e policultura com cultivos alimentares, de baixa eficiência, para uma economia baseada na diversificação econômica e no desenvolvimento do Nordeste. Por outro lado, ocorreram intervenções governamentais e sociais no Nordeste, principalmente na segunda metade do século XX, onde são perceptíveis mudanças na matriz econômica da Região como a estruturação do cluster de fruticultura irrigada (Juazeiro-Petrolina e Açú), a produção de grãos em áreas específicas do Semiárido Nordestino (MATOPIBA), as centralidades das cidades médias e pequeno-médias (Caruaru, Feira de Santana, Imperatriz, Juazeiro do Norte, Campina Grande e Salgueiro), o processo de interiorização de universidades públicas, o complexo minero-siderúrgico (Itaqui) e estabelecimento de polos automobilísticos, petroquímicos e portuários (Camaçari, Goiana, Suape e Pecém). Tais transformações, ainda não permitiram uma expansão generalizada da renda e bem-estar das populações. Não trouxeram, ainda, a necessária diversificação econômica e de oportunidades aos trabalhadores, o que conduz à dúvida de que ainda existe a necessidade de uma nova onda de investimentos e de intervenções.

No processo de transformação da economia mundial, percebe-se que, desde a década de 1960, há um padrão de comércio baseado na fragmentação dos bens e serviços. Esta fase do processo de globalização permite uma fragmentação internacional da produção denotada pela importância continuada das Cadeias Globais de Valor – CGV nos fluxos do comércio internacional (CGEE, 2014). Nesse contexto, a China passou a ter um papel de integração das exportações e importações das manufaturas e insumos do comércio internacional e, nessa dinâmica, cabe à América Latina e África um papel secundário nos fluxos do comércio internacional, permanecendo estes locais como fornecedores de insumos básicos e de commodities. Isto perfaz uma reduzida participação nos fluxos de fragmentação do comércio internacional, propiciando um baixo protagonismo nas grandes redes mundiais de bens e serviços (HERMIDA, 2017).

Outro importante aspecto é a revalorização do território. Antes, o território teria de ser dotado de capital, recursos naturais e matéria prima para ser objeto de interesse do empresariado: Agora, pode estar desprovido do pré-requisito da disponibilidade de fatores ditos abundantes (terra, capital e trabalho). Nesse padrão, doravante, vão se incorporar processos inovativos como fator estratégico de competitividade das organizações, seja em seu ambiente interno ou em relações em redes para a efetivação da difusão do conhecimento (CASSIOLATO LASTRES, 2003; CASSTELS, 2004).

Em relação ao papel do governo, ocorre uma tendência de construção e manutenção de políticas públicas enfatizando o ambiente de “*blocos agregados*” ou “*conjunto de atores*” e o fomento à difusão de redes sociotécnicas. Neste ambiente, as instituições de ensino e pesquisa têm a possibilidade de estender ações em prol da preparação do capital humano, apoio ao ambiente de negócios e criação de negócios (centros irradiadores). Pode-se dizer que empreendimentos que estão em sintonia com os processos inovativos formatados em rede e em contato com o território permitem uma série de mudanças estruturais na economia, gerando avanços significativos na formação de mão de obra e do conhecimento tácito, essencial às demandas de capacitação dos empreendimentos da economia do conhecimento.

Este artigo busca explicitar uma solução já em uso e com respostas promissoras que está em sintonia com as mudanças climáticas do globo, as transformações e inovações advindas de fins do século XX e uma preocupação com atividades produtivas em comunicação com o sistema inovativo regional e possíveis práticas socioeconômicas do território.

2. Redes sóciotécnicas e globalização: a resposta do território

Os primeiros conceitos de um sistema inovativo encontram-se nas construções de Freeman, (1995) e Ludvall, (2010). Assume-se que o conhecimento traz repercussões e gera desafios para a sociedade e o ambiente. Neste caso, a noção de sistema permite uma compreensão mais clara do ambiente e como o conjunto de inovações se espalha na sociedade. Por sistema, inicialmente, entende-se que seja “qualquer coisa que divirja do caos” (BOUDING, 1985) com relações e interações entre seus segmentos. Em uma aplicação de um sistema de inovação regional tem-se a configuração de relacionamento e interação com o aprendizado, a difusão e a interação sendo elementos-chave. Ao unir a concepção de território e os sistemas inovativos, obtém-se, então, o sistema regional de inovação, que tem como função possibilitar um relacionamento entre produção, aprendizado, financiamento e demandas da sociedade (saúde, educação, segurança e tecnologia). Os elementos do sistema de inovação tendem a combinar e reforçar processos de casualidade e interação, fazendo com que o conhecimento seja reproduzido (ampliado) nos subsistemas e redes sociotécnicas.

A primeira noção de sistema nacional, mesmo que pouco conceitual, advém do economista Friedrich List (LIST, 1982), em fins do século XIX. Nesta obra, considera que as nações não podem simplesmente incorporar conhecimento e tecnologia provenientes de outras localidades sem, ao menos, ter uma dotação de aprimoramento e melhoria da tecnologia. Isto gera, como subproduto, uma preservação do poder político e do desenvolvimento socioeconômico. Por esta visão, tão somente o desenvolvimento do *laissez faire*, nos processos de trocas entre as nações, não resolverá a questão da capacidade econômica e busca de melhores condições de vida das nações (FREEMAN, 1995).

Há uma lógica na recomendação de List que foi reconhecida por Freeman (1995). Para este autor ocorre similaridade entre o que List apregoava e a construção de Sistemas Inovativos Nacionais – SIN. Sendo a ideia da proteção da indústria local uma discussão bem efusiva em fins do século XIX, onde o avanço do processo de industrialização causava preocupação por parte da elite dirigente da Alemanha. Uma questão relevante é que países com culturas relativamente homogêneas e trajetórias sociológicas parecidas conseguiram estruturar seu sistema inovativo, em prol de importantes mercados, denotando não ser privilégio de alguns locais uma trajetória vitoriosa de emparelhamento junto às nações desenvolvidas. Este sistema nacional de inovação pode ser adaptado sob o contexto regional ou local, perfazendo configurações de relacionamento e interação, incluindo papéis de aprendizado, cultura, difusão e interação como elementos chave de seu desempenho.

Em sentido lato, as transformações da sociedade, exemplificadas pela globalização, bem como processos de mudança climática, alianças transnacionais, redes sociotécnicas, ensino, aprendizagem da mão de obra, especialização flexível e renovação do território são elementos que, uma vez associados, refletem a necessidade de formatação de um sistema de inovação nacional incluindo o lócus (LUDVALL, 2010). O sistema de inovação pode ter um papel de relevância e apoio à complexidade da governança de instituições baseadas em CT&I.

Nessa clara necessidade de interligação dos agentes, há que enxergar o novo paradigma desenhado desde meados do século XX. Antes, os processos de acumulação e reprodução do capital estavam intimamente vinculados às dotações de capital dispersas pelo globo. Agora, o paradigma atual reflete uma multiplicação de estratégias, com domínio de tecnologias nascentes (TICs e Bioeconomia) e rearranjos que permitem manter a sustentabilidade competitiva dos negócios. Essa “sociedade do conhecimento” passa a ter novos contornos e exigências, sendo então diferenciada da economia feudal (troca de produtos e baixa industrialização) e da economia industrial (produção em massa e inovações aceleradas), uma vez que os processos se modificam em prol da economia do conhecimento (ETZKOWITZ, 2008).

Os conteúdos definidos em codificação necessitam de uma parcela de aprendizado substancial do indivíduo no contexto sociotécnico. A própria complexidade da construção do conhecimento já pressupõe o aprendizado, o conhecimento tácito e a interação sociotécnica. Nessa visão, acolhem-se os formatos de organização baseados em redes, arranjos e sistemas inovativos, com vistas a facilitar a geração, aquisição e difusão de inovações (CASSIOLATO, LASTRES, 2003; CASSTELS, 2004; ETZKOWITZ, 2008).

Nessa rede de articulações e afirmação do novo paradigma, Etzkowitz (2008) reforça que o mundo moderno, advindo das revoluções da ciência e da tecnologia, associadas à revolução industrial, traz novos contornos e possibilidades. O século XX passa a ser um fechamento deste referencial. Os cientistas são impelidos a se tornarem cientistas empreendedores, participando ativamente das opções de ações e fundos de capital. As empresas passam a ter, em sua cadeia de valor, vínculos com as atividades de pesquisa e desenvolvimento – P&D nas universidades e institutos de pesquisa. Nessa ótica, ocorre uma múltipla

interação, também enfocada por hélices que perfazem uma interação de empresa, universidade, governo e financiamento com vistas às diversas linhas de cooperação e arranjos produtivos (ETZKOWITZ, 2008).

Essa linha do conhecimento tácito (presente em pessoas, instituições e ambiente), permanece em evidência congregando políticas públicas vinculadas a conceitos, metodologias e análises que tenham a capacidade de mitigar desafios e amplificar potencialidades (CASSIOLATO, LASTRES, 2003).

Para a transformação de potencialidades em mudança, a inovação é conhecida como elemento fundamental deste processo. Nessa medida, existem países que têm alcançado êxito na capacidade de “mobilizar” sua política e recursos em prol da resolução dos problemas da sociedade. Isso pode ser vislumbrado no Sistema Nacional de Inovação (SNI), que se difundiu na academia por meio dos pesquisadores Freeman, Ludvall e Rosemberg. São explicitadas diversas interações no ambiente nacional, seja meso e local, onde convivem tipologias de desenvolvimentos das organizações e instituições, as quais, permitem, por meio da cooperação e aprendizado, a adoção de inovações, sua difusão e uso (CASSIOLATO, LASTRES, 2005; FREEMAN, 1995; GARCIA *et al.*, 2020).

Neste contexto, o sistema de inovação pode ter um papel de relevância e de apoio à complexidade da governança de instituições baseadas em CT&I. Nesse ambiente baseado em sistemas, desenhado desde a década de 1970, ocorrem oportunidades e desafios que põem em prova a funcionalidade dos sistemas inovativos no território. Instituições baseadas em pesquisa básica precisam se entender com as que fazem inovações e estas com o mercado, trazendo soluções e novos produtos para a sociedade.

Em termos nacionais e regionais, ocorreu nos últimos 20 anos literatura razoável sobre processos de inovação no Nordeste. Particularmente, sendo observadas carências no processo de infraestrutura, na formação de pessoas e na montagem institucional do Sistema Inovativo Regional do Nordeste (CGEE, 2014; COSTA *et al.*, 2015; PIRES *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2005).

Na linha de políticas e ações governamentais, o tema do Sistema Regional de Inovação em “sentido lato” tem sido referência com base no Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação do Nordeste – PCTI (2014), que tem em suas bases a compreensão da diversidade socioeconômica e cultural da Região Nordeste e a tentativa de adequação das ações de CT&I em prol da promoção de mudanças essenciais ao desenvolvimento das atividades inovativas. *Stricto sensu*, propõe o PCTI Nordeste que se amplie o sentido de inovação, incorporando segmentos tradicionais da cultura e da economia regional. Em especial, nas regiões onde se traduzem indicadores de baixa qualidade de vida e de desigualdades socioeconômicas (CGEE, 2014).

Diante dessa multiplicidade de políticas, atores e ações, o tema “enraizamento” parece ser central. Ou seja, o ponto de vista local deve ser o objeto e objetivo das políticas públicas. Assim, antes que se vislumbre qualquer política pública (com destino ao desenvolvimento regional) é importante conceber onde ela pretende chegar e, ao mesmo instante, vislumbrar as condições do território, que pode ser avaliado em filamentos de ambientes de cultura, instituições, educação e atuação dos atores. Para todo esse processo de integração global no território do Nordeste, ocorrem uma série de entraves, em boa medida provocado pelos limites e reduzida integração do Sistema Nacional de Inovação (SNI) e, em sequência, do Sistema Regional de Inovação (SRI), como as já decantadas políticas desfragmentadas e desarticuladas frente às demandas do território. Seria então a dinâmica tecnológica brasileira, por consequência, danosa? A nordestina não parece incorporar elementos de enraizamento e vínculos globais de inovação, estando frágil neste cenário de desmaterialização do capital, conhecimento tácito e formatações de redes sociotécnicas (CAVALCANTI FILHO, 2017).

Sob este vínculo global, percebe-se fortemente os efeitos das mudanças climáticas e suas repercussões, em especial, com relação aos problemas sociais. Serrao-Neumanna *et al* (2020) colocam que a vulnerabilidade climática exige rápida adaptação e processo de decisão rápido da esfera governo. Nessa linha, uma ampla gama de pesquisa acadêmica com ênfase nas mudanças do clima, permite inferir que investir na produção de informações e em estratégias de adaptação (uso racional dos recursos) permitirá ampliar a capacidade de produção das comunidades.

Essa carência de enraizamento geral do sistema inovativo perfaz uma frustração de funcionamento do Sistema de Inovação Nacional, que, não se comporta como um sistema eficaz. Assim, há uma preferência por chamá-lo de “ecossistema”, posto sua fragmentação e instabilidade quase degenerescente. As consequências desse estado são as dificuldades que ocorrem de modo recorrente: pesquisas para consumo interno dos institutos de ciência e tecnologia (ICT’s), incluindo universidade, demandas sociais e empresariais, bem como a falta de arranjos inovativos conjuntos entre ICT’s públicas e privadas. Nesse cenário, o financiamento das atividades básicas não se reflete como alternativa aos problemas das mudanças climáticas globais, a baixa educação e falta de uma infraestrutura dos arranjos produtivos regionais. A ausência de uma

agenda enraizada às necessidades locais ou regionais, incluindo aquelas ligadas a questões de mudanças climáticas é uma regra.

Nessa ampla rede de articulações, carências e (re)afirmação do novo paradigma, com base em Etzkowitz (2008), reforça a linha de necessidade de pesquisadores se tornar cientistas empreendedores e que se busque nas cadeias de valor dos negócios locais, vínculos próprios entre as oportunidades, os riscos do negócio e a compreensão do ecossistema disponível que inclui facetas de financiamento, associações empreendedores, governo e ICTs, de modo a fazer funcionar o sistema inovativo regional, especificamente em atividades de pesquisa e desenvolvimento – P&D, tendo nas universidades e institutos de pesquisa um parceiro até aqui latente.

Considerando estas impressões e os modelos de ação governamental no Nordeste, este artigo pretende-se avaliar a adoção e implementação de sistemas agrovoltáticos como alternativa para as regiões semiáridas, frente aos cenários de mudanças climáticas, sem que haja uma dependência de modelos produtivos baseados ancorados na oferta de água e que, ao mesmo tempo, se busque uma interação com o sistema inovativo regional, como forma de resposta às carências e da falta de perspectiva de emprego e renda para a população.

3. Efeitos da mudança climática: processo de aridificação no Nordeste do Brasil

Os atuais reflexos ambientais, sociais, econômicos e políticos advindos das mudanças climáticas já são os maiores enfrentados pela humanidade. As alterações do clima no planeta, decorrentes dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, onde se destaca o gás carbônico, representam desafios, principalmente, pela forma, abrangência e velocidade que estão acontecendo e suas consequências para a vida no planeta. As séries históricas têm demonstrado que os extremos diários de temperatura na terra estão aumentando, desde 1950, e, desde então, é possível notar que o sistema climático, de modo geral, vem acumulando mais energia do que perdeu (IPCC, 2013). Estima-se que as atividades humanas tenham provocado um aumento médio na temperatura global de 1,0°C, acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de 0,8°C a 1,2°C. É provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual, de acordo com informações do relatório do Painel de Mudanças Climáticas (IPCC, 2021). Projeta-se, também, o aumento dos riscos relacionados aos problemas com a saúde, meios de subsistência, segurança alimentar, abastecimento de água, segurança humana e crescimento econômico.

As últimas quatro décadas foram sucessivamente mais quentes do que qualquer década anterior desde 1850, data usada como referência, que marca o início da revolução industrial, quando a queima de combustíveis fósseis, passou a ser intensa, aumentando a concentração de GEE na atmosfera. As séries históricas têm evidenciado que os extremos diários de temperatura na terra estão aumentando, desde 1950 e, desde então, é possível notar que o sistema climático, de um modo geral, vem acumulando anormalmente mais energia, acarretando aumento nas temperaturas do ar, alterações na composição química da atmosfera, desencadeando uma série de transformações que incluem mudança no padrão de precipitações, alterações do ciclo hidrológico, produzindo enchentes intensas, secas severas e frequentes ondas de calor e frio com impactos significativos e consequências na segurança alimentar, na saúde e na segurança hídrica.

As previsões do IPCC indicam que o Brasil poderá ficar 3° C a 4° C mais quente até meados deste século e as precipitações, no Nordeste do Brasil, podem diminuir em até 40%. O Semiárido do Nordeste brasileiro deve experimentar os maiores aumentos de temperatura, em média 1,5 a 2 vezes mais que a taxa global de aquecimento. O número de dias por ano em que a temperatura na região pode exceder 35°C pode ser de mais de 150 dias até o final do século (IPCC, 2021; MARENGO, SILVA, 2007). O aumento nas temperaturas médias juntamente com a nova composição química da atmosfera, desencadeou uma série de transformações que incluem mudança no padrão de precipitações, acompanhada por sérios impactos no ciclo hidrológico, produzindo enchentes intensas, secas severas e frequentes, ondas de frio e calor com consequências na segurança alimentar, saúde e segurança hídrica.

Estudo de detecção de mudanças climáticas em Pernambuco (LACERDA *et al.*, 2010), revela um aumento superior a 4° C na temperatura máxima diária no período de 1961 a 2009, com base nos dados da estação meteorológica de Araripina – do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA e diminuição média de 275 mm (correspondendo a 57%) dos totais pluviométricos anuais obtidos de um conjunto de oito postos pluviométricos, com dados no mesmo período, localizados no Vale do Rio Pajeú, em Pernambuco (LACERDA *et al.*, 2015a). Essa diminuição anual das chuvas esteve acompanhada do aumento dos períodos máximos de estiagem, que passaram de 20 para 35 dias e do aumento da frequência de eventos de precipitação intensa (por exemplo, superiores a 50 mm em 24 horas), que passou de cinco para nove ocorrências por ano.

As mudanças climáticas poderão afetar a produção agrícola nacional e causar aumento das áreas de risco na Região Nordeste do Brasil (ASSAD, PINTO, 2008). Sob essa ótica, análises das variações de chuva e de temperatura, bem como suas repercussões no balanço hídrico, são importantes para detecção dos efeitos do aquecimento global, mudanças climáticas locais e seus consequentes impactos. Uma repercussão previsível é o acréscimo da evapotranspiração decorrente do aumento da temperatura, que tende a se especialmente danoso quando atinge as culturas agrícolas, pois reduzirá a disponibilidade hídrica em diversas culturas agrícolas. Outro aspecto relacionado do aumento da temperatura é a redução do ciclo das culturas agrícolas, que pode tornar algumas plantas mais eficientes em termos de assimilação e transformação energética, porém, mais susceptíveis à deficiência hídrica devido ao aumento da evapotranspiração (NOBRE, ASSAD 2005).

Outro efeito, com consequências significativas ao estado de Pernambuco, é a desertificação causada pelo manejo inadequado dos recursos naturais nas áreas subúmidas, secas e semiáridas onde há comprometimento dos sistemas produtivos, dos serviços ambientais e da conservação da biodiversidade (BRASIL, 2004).

Essas áreas se espalham por mais de 1.480 municípios no Nordeste e esse processo pode ser agravado pela mudança climática. Esse processo está intimamente relacionado a exploração em excesso de produtos florestais, aos incêndios florestais, a sobrecarga animal, ao uso intensivo do solo por manejo inadequado e, por último, ao emprego de tecnologias não apropriadas. Ao todo, as áreas suscetíveis ao processo de desertificação representam 16% do território brasileiro e 27% envolvendo uma população de mais de 31 milhões de habitantes (SÁ *et al.*, 1994).

Considerando as variações climáticas no Nordeste do Brasil, diante dos cenários de mudança do clima atual e futuro, Marengo (2008), coloca que as áreas mais afetadas pelas variações climáticas no Nordeste do Brasil serão Oeste do Piauí, Sul do Ceará, Norte da Bahia e Oeste de Pernambuco, onde se encontram municípios com reduzido índice de Desenvolvimento Humano – IDH. Séries termométricas revelaram que a temperatura máxima do ar teve um aumento substancial nos últimos 45 anos, ultrapassando 3° C, isto constatado nas estações experimentais do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, localizadas nos municípios de Vitória de Santo Antão e Araripina, localizadas no estado de Pernambuco (LACERDA *et al.* 2010; LACERDA *et al.*, 2015b).

A tendência de desertificação pode chegar a superar 90% do território semiárido de Pernambuco (BRASIL, 2007) e as inundações decorrentes do aumento do nível do mar podem afetar grande parte do Litoral desse Estado. Nas áreas identificadas como susceptíveis à desertificação, no Nordeste do Brasil e em Pernambuco, foi constatado que o fator antropogênico é o de maior significância para a intensa degradação, seguido pela substituição do bioma Caatinga por práticas agropecuárias e desmatamento provocado pelo uso da lenha (NOBRE, 2011).

Estudos de impactos das mudanças climáticas na estabilidade dos biomas brasileiros (OYAMA, NOBRE, 2003), revelam que o bioma Caatinga está entre os mais vulneráveis num cenário de aumento das temperaturas globais, o que coloca a região Nordeste em alerta, uma vez que os efeitos das mudanças climáticas representam mais um fator diante da pressão de origem antrópica à desertificação (OYAMA, NOBRE, 2004).

4. Sistema agrovoltaico: uma economia voltada aos desafios do clima

A partir do final do século XX e primeira década do século XXI, processos de conversão fotovoltaica se tornaram economicamente mais atraentes para os investidores. Entre as fontes alternativas, a energia solar é a que vem se destacando devido ao seu elevado potencial (NOBRE *et al.*, 2019). A energia solar fotovoltaica, atualmente, tem o maior percentual de capacidade instalada no mundo. Nos últimos dez anos, esta vem se constituindo como a terceira maior fonte, em aumento absoluto da capacidade instalada, atrás somente da hídrica e eólica. Vários países adotaram essa forma de energia em decorrência dos compromissos de mitigação de emissões de gases do efeito estufa (MINTS, 2011) e pelo incentivo dado ao comportamento atrativo dos preços dos painéis.

A maior parte da energia elétrica gerada no Brasil provém de fontes renováveis, principalmente através da fonte hidroelétrica (65,1%), complementada pelos combustíveis fósseis (23,0%) e nucleares (2,5%), e com uma parcela menor das renováveis não hidráulicas (9,4%) (Nobre *et al.*, 2019). A geração de energia elétrica pelo princípio de fotoeletricidade evoluiu rapidamente e hoje conta com tecnologias competitivas economicamente face às fontes eólica e termoeletrica (PINHO, GALDINO, 2014).

Além do notável valor contábil da geração de energia fotovoltaica em áreas degradadas, no Nordeste do Brasil (NOBRE *et al.*, 2019) há estudos de casos do uso consorciado de painéis fotovoltaicos e produção

agrícola, com mensurável benefício para a produção animal. Assim como ocorrem estudos baseados na preocupação da exploração de combustível de biomassa (DUPRAZ *et al.*, 2011) como fonte de energia alternativa para a mitigação do uso de combustíveis fósseis. No entanto, isso envolve a aplicação como insumo do uso generalizado de culturas alimentares para a produção de biomassa, resultando numa competição por áreas plantadas envolvendo processos de escolha entre culturas para a produção de alimentos e para bioenergia. Uma possível solução para este dilema está na criação de um sistema misto “Agrovoltáico” (AV), isto é, uma unidade produtiva que combine painéis fotovoltaicos com produção de alimentos, ampliando o uso da terra (LACERDA *et al.*, 2020).

Os sistemas (AV) combinam atividades agrícolas com painéis fotovoltaicos (DUPRAZ *et al.*, 2011) visando a produzir alimentos e energia. Simulações mostraram um aumento na produtividade da terra em torno de 60-70%. Segundo Marrou *et al.* (2013), os cultivares podem obter um rendimento mais elevado sob a luz solar flutuante de um sistema AV. Em anos em que ocorrem secas, as condições climáticas abaixo dos painéis fotovoltaicos promovem um ambiente favorável e menor demanda de água pelas culturas agrícolas. A eficiência do uso da água pode ser maior caso seja selecionada uma cultura agrícola que promova uma cobertura do solo mais rápida, contribuindo para uma maior quantidade de luz capturada e diminuição da evaporação do solo.

O uso combinado dos sistemas de produção agrícola e de energia aumenta a rentabilidade com alta produtividade. Os resultados preliminares indicam também que esses sistemas podem ser resistentes à mudança do clima, quando comparados ou relacionados às atividades de monocultura. Esses sistemas, em consórcio, parecem ter maior produtividade global do que a monocultura e possibilitam a redução do uso da terra no tocante entre produzir energia ou alimento (LACERDA *et al.* 2020; MONTEITH, 1972; MONEITH, 1977; PALMA *et al.*, 2007).

Nesse contexto, Trommsdorff (2016) buscou analisar o desempenho econômico dos sistemas agrovoltáicos (SAPV) em relação à eficiência do uso da terra, aos custos associados e os ganhos (considerando os SAPV como uma tecnologia híbrida). O resultado mostrou que o emprego desses sistemas favorece a eficiência do uso da terra trazendo mais benefícios sociais. Em projetos de longo período na Alemanha, os resultados sugerem que SAPVs têm potencial de fazer parte da futura paisagem energética naquele País.

5. Resultados alcançados pelo projeto ecolume

Um protótipo do sistema fotovoltaico foi instalado em uma escola no Semiárido Pernambucano, sendo composto por 10 painéis de cerca de 2 m² cada, organizados em 5 pares em posição retrato (painéis unidos pelo menor lado). São 10 m² de placas solares e 24 m² de área total. Em relação aos sistemas fotovoltaicos comuns, foram executadas adaptações na altura e espaçamento dos painéis, de modo a aproveitar a sombra para um sistema de aquaponia (**Figura 1**).

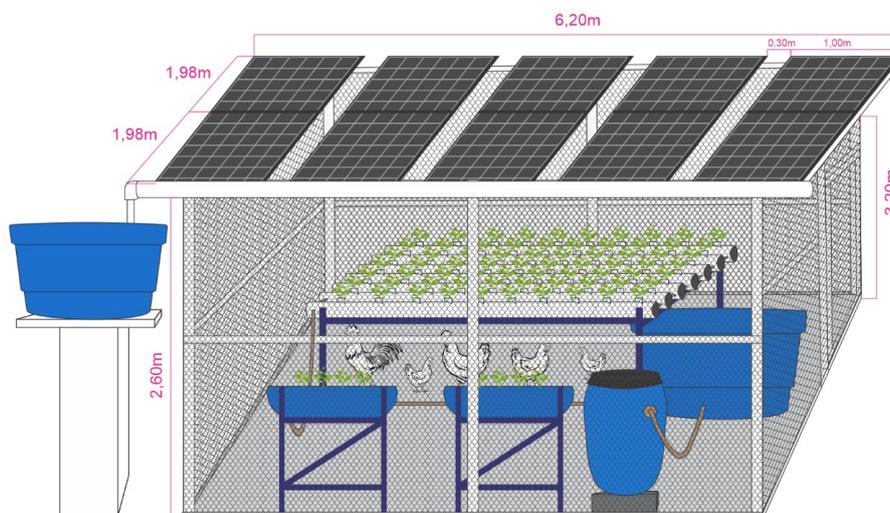


Figura 1: Sistema agrovoltáico com tela. Fonte: Desenvolvimento equipe Ecolume.

Essa experiência mostra que é possível produzir energia e alimento sem agredir o bioma Caatinga. A unidade experimental produziu 4.800 kWh de energia, 130 kg de peixes, 730 de ovos de galinha caipira, 816 unidades ou 336 kg de hortaliças e 200 unidades de mudas de plantas nativas. A produção foi realizada em uma área de 24 m² e a receita total anual do sistema foi R\$ 9.997,00. O investimento da implantação do protótipo familiar, com essas características e tecnologias, associado às condicionantes do espaço semiárido, foi de aproximadamente R\$ 20.000,00 (**Tabela 1**).

O Ecolume é um projeto do Instituto de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco – IPA, apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, em parceria com diversas instituições como Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Serviço de Tecnologia Alternativa - Serta, Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Secretaria de Meio ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco – SEMAS – PE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. O projeto propõe, no Semiárido pernambucano, uma solução de desenvolvimento socioeconômico e ambiental que congrega seguranças presentes na abordagem múltipla e integrada do Nexus (hídrica, energética e alimentar) correlacionada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Dentro dessa perspectiva, são delineados objetivos e metas. O conceito Ecolume tem como objetivo realizar sinergias e integrar temas como segurança energética, alimentar e hídrica, bem como, difundir elementos essenciais ao conceito da sociedade sociotécnica, ecoeducação, formação de multiplicadores, utilização de tecnologia agrovoltaica e gerenciamento de redes.

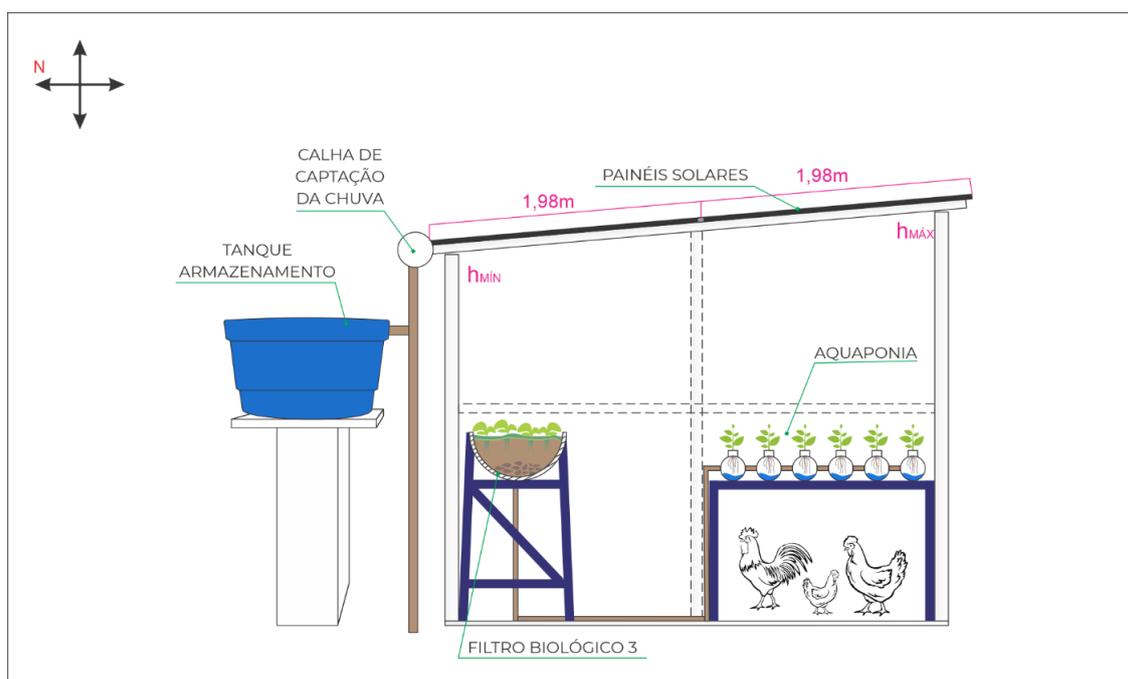


Figura 2: Sistema agrovoltaico sem a tela. Fonte: Desenvolvimento equipe Ecolume.

Do ponto de vista da geração de energia existe uma previsão de rendimento econômico de cada painel fotovoltaico com 330 W de potência, o que confere ao sistema uma potência nominal de 3,3 kW e uma irradiação solar média de 5,8 kWh/m² dia. A estimativa média de geração é 15 kWh por dia ou até 450 kWh por mês. A economia financeira produzida pelo sistema, considerando uma tarifa de R\$ 0,78, pode chegar a R\$ 350,00 mensais e R\$ 4.000,00 ano (vide **Figura 2**).

Tabela 1: Potencial de produção da unidade demonstrativa do Projeto Ecolume (área 24 m²).

Produtos	Quantidade	Valor unitário de referência (R\$)	Receita total anual (R\$)
Peixe (Tilápia)	130 kg	20,00	2.600,00
Ovos	730 unidades	0,50	365,00
Vegetais	816 unidades	2,00	1.632,00
Mudas da Caatinga	200 unidades	15,00	3.000,00
Energia Elétrica	4.800 kWh	0,50	2.400,00
Total			9.997,00

Fonte: Elaboração dos autores.

No período de um ano, como serviço ambiental, o projeto produziu e reflorestou mil mudas de umbu (*Spondias tuberosa*) e capacitou mais de 700 pessoas, com temas de tecnologias solar, reúso e tratamento de água, além de técnicas de produção alimentos no sistema de aquaponia.

As mudas produzidas serviram para o reflorestamento da Caatinga, na Serra do Giz, no município de Afogados da Ingazeira, Estado de Pernambuco, sendo esta, uma unidade de conservação com potencialidade para sequestro de carbono, no futuro. Este potencial de sequestro de carbono em áreas de caatinga preservada pode superar 900 g C/m² (MORAIS *et al.*, 2017). Por fim, o sistema de reúso de água instalado tem potencial para produzir 10 mil litros de água por dia e irrigar uma área de até 5 hectares.

Os resultados do projeto mostraram possibilidades de desenvolvimento para o Semiárido, que consideram aspectos da mudança climática, importância das redes sociotécnicas e as aplicações de tecnologias habilitadoras, possibilidades de aplicações de Tecnologia da Informação e Comunicações – TICs e de componentes da microeletrônica nos negócios vinculados ao ambiente agrícola. Os cenários climáticos e impactos dessas mudanças no clima do Nordeste do Brasil foram base para atuação e contextualização dessa temática.

Por outro lado, o grande potencial de energia solar na macrorregião semiárida do Nordeste, pode, com base em arranjos produtivos locais planejados e estruturados, permitir que a produção energética seja o elo de estruturação de uma economia baseada no equilíbrio socioambiental, formação de renda familiar e conservação do Bioma Caatinga.

6. Considerações finais

Objetivou-se com este artigo explicitar uma alternativa de interação com o Ecossistema Inovativo Regional, com potencialidade de superar lacunas de produção ainda em voga na Região Nordeste, substituição do tripé da produção tradicional de gado, algodão e policultura de subsistência. Existe sim a possibilidade de alternativa econômica em zonas semiáridas, sem um vínculo necessário à oferta de água abundante.

No tocante às mudanças no clima percebe-se que não só há vulnerabilidades. Ocorre geração de oportunidades. É preciso despertar o interesse social para a preservação do bioma e entendê-lo como indutor de prosperidade e equilíbrio ambiental. Para isso, é necessário que sejam adaptadas práticas socioeconômicas à agricultura familiar e que esta unidade produtiva dialogue com as mudanças no ambiente global, sob o ponto de vista das transformações da economia e mudanças no clima.

Em relação a esses processos de transformação, percebe-se, uma comunicação com a mudança nas matrizes energética, produtiva e intercomunicações com diversos atores, desde os locais, os meso locais e os globais (placas de silício e cotas de carbono). Nessa ampla teia de interesses e conflitos de natureza socioeconômica os empreendimentos interagem com o local, perfazendo uma intercomunicação deste com o ambiente meso e o regional.

Neste ambiente, as instituições de ensino, pesquisa e extensão têm a possibilidade de estender ações em prol da preparação do capital humano, apoio ao ambiente de negócios e a própria criação de negócios (centros irradiadores).

Os resultados apresentados no projeto Ecolume permitem inferir que há possibilidades de desenvolvimento de novas economias e saberes no espaço semiárido, em conexão com o desenvolvimento e inovações providas das TICs, bem como a própria competência e conhecimento tácito local, aliados a uma compreensão dos cenários de mudanças climáticas.

Compreendendo esses fatos, há a possibilidade de ganho com a produção de energia solar fotovoltaica, em consórcio com a produção de alimentos e mudas de reflorestamento, num sistema denominado de agrovoltaico. De forma complementar, o tratamento e reutilização de águas cinza e negras têm como objetivo produzir água de boa qualidade para irrigar as mudas de viveiro (mudas de umbu - *Spondias tuberosa*) e mitigar a poluição. Buscou-se aqui explicitar uma alternativa que permita a interação com o ecossistema inovativo Regional, podendo superar lacunas de produção ainda em voga na região Nordeste do Brasil – criação de animais e policultura de baixa eficiência econômica e ambiental.

7. Referências

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa: Cepagri, 2008. 82 p.

BOULDING, K. E. **The world as a total system**. Beverly Hills: Sage Publications, 1985.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN - Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 213 p.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional do Semiárido. **Plano diretor do INSA, 2008-2011**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007. 70 p.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, M. M. Novas políticas na era do conhecimento: foco em arranjos produtivos locais. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, v. 8, n. 17, fev. 2003.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de políticas. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, SP, v. 19, n. 1, p. 34-45, jan./mar. 2005. Disponível em: <http://old.scielo.br/pdf/spp/v19n1/v19n1a03.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2022

CASSTELS, M. O. **The network society: a cross-cultural perspective**. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2004.

CAVALCANTI FILHO, P. F. O Nordeste na encruzilhada do desenvolvimento: a necessidade de constituição de um sistema regional de inovação. In: MONTEIRO NETO, A.; CASTRO, C. N.; BRANDÃO, C. A. (org.). **Desenvolvimento regional no Brasil: políticas, estratégias e perspectivas**. Brasília, DF: Ipea, 2017. p. 37-64.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Plano de ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável do Nordeste brasileiro**. Brasília, DF: CGEE, 2014.

DUPRAZ, C.; MARROU, H.; TALBOT, G.; NOGIER, A.; FERARD, Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 36, n. 10, p. 2725-2732, out. 2011. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/eeerenene/v_3a36_3ay_3a2011_3ai_3a10_3ap_3a2725-2732.htm. Acesso em: 10 ago. 2020.

ETZKOWITZ, H. **The triple helix: university-industry-government innovation in action**. New York: Routledge, 2008.

FREEMAN, C. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 5-24, fev. 1995.

GARCIA, R.; MASCARINI, M. S. S.; MARCELO, L. B. R. Sistemas Regionais de Inovação: fundamentos conceituais, aplicações empíricas, agenda de pesquisa e implicações de políticas. **Texto Para Discussão**, IE, Campinas, SP, n.394, ago. 2020. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/TD/TD394.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2022.

HERMIDA, C. do C. Padrão de especialização comercial e crescimento econômico: uma análise sobre o Brasil no contexto da fragmentação da produção e das cadeias globais de valor. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 47, p. 9-66, jun. 2017.

IPCC. **Climate change 2013: the physical science basis**. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2013. 1.535 p.

IPCC. **Climate change 2021: physical science basis**. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2021. 1300 p. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.

LACERDA, F. F.; NOBRE, P.; SOBRAL, M. C.; LOPES, G. M. B. Alterações climáticas globais: uma realidade em Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 11/12, p. 121-154, 2015a.

LACERDA, F. F.; NOBRE, P.; SOBRAL, M. C.; LOPES, G. M. B.; CHAN, C. S.; BRITO, E. Long term climate trends over Nordeste Brazil and Cape Verde. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, [s. l.], v. 6, n. 8, 2015b. DOI: 10.4172/2157-7617.1000296.

LACERDA, F. F.; SILVA JÚNIOR, H. D. da; ASSAD, E. D.; ASSIS, J. M. O.; MOURA, M. S. B. Extremos e variabilidade climática no nordeste brasileiro e em Pernambuco. *In*: JOSICLEDA, D. G. (org.). **Mudanças climáticas e impactos ambientais**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. p. 1-23.

LACERDA, F. F.; LOPES, G. M. B.; COUTINHO, R. D. S.; SANTOS, S. A.; SILVA, M. V.; SABINO, H. B.; LIMA, J. P. V. O Projeto Ecolume: o paradigma da abundância na convivência com o clima semiárido no Nordeste brasileiro. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 14, p. 207 - 221, 2020.

LIST, G. F. **Sistema nacional de economia política**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. (Os Economistas).

LUDVALL, B. Å. **National systems of innovations: towards a theory of innovation and interactive learning**. New York: Anthem Press, 2010.

MARENGO, J. A.; SILVA, D. P. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. *In*: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA JÚNIOR, B. P. F.; TUNDISI, J. G. (org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, usos múltiplos, exploração racional e conservação**. São Paulo: IEA/USP, 2007. p. 63-109.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARROU, H.; GUILIONI, L.; DUFOR, L.; DUPRAZ, C.; WERY, J. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], v. 177, p. 117-132, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192313000890?via%3Dihub>. Acesso em: 20 set. 2020.

MINTS, P. The history and future of incentives and the photovoltaic industry and how demand is driven: history and future of incentives. **Progress in photovoltaics: research and applications**, Hamburg, v. 20, n. 6, p. 711-716, out. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pip.1214>. Acesso em: 15 set. 2020.

MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of applied ecology**, London, v. 9, n. 3, p. 747-766, dez. 1972.

MONTEITH, J. L. Climate and efficiency of crop production in britain. **Royal Society**, London, v. 281, p. 277-294, nov. 1977. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1977.0140>. Acesso em: 14 set. 2020.

MORAIS, Y. C. B.; ARAÚJO, M. S. B.; MOURA, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D. G.; MIRANDA, R. Q. Análise do sequestro de carbono em áreas de caatinga do semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 32, n. 4, p. 585-599, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786324007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbmet/v32n4/0102-7786-rbmet-32-04-0585.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2020.

NOBRE, C. A.; ASSAD, E. D. Aquecimento global e o impacto na Amazônia e na agricultura brasileira. **Revista do INPE**, São José dos Campos, v. 1, p. 9-13, abr./jun. 2005. Disponível em: <http://www.sid.inpe.br/ePrint@80/2005/09.12.12.51>. Acesso em: 10 out. 2020.

NOBRE, P. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o estado brasileiro. *In*: LIMA, R. C. C.; CAVALCANTI, A. M. B.; MARIN, A. M. P. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2011. p. 25-35.

NOBRE, P.; PEREIRA, E. B.; LACERDA, F. F.; BURSZTYN, M.; HADDAD, E. A.; LEY, D. Solar smartgrid as a path to economic inclusion and adaptation to climate change in the brazilian semiarid northeast. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, Melbourne, v. 11, n. 4, p. 499-517, aug. 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJCCSM-09-2018-0067/full/pdf?title=solar-smart-grid-as-a-path-to-economic-inclusion-and-adaptation-to-climate-change-in-the-brazilian-semiarid-northeast>. Acesso em: 20 set. 2020.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. A new climate-vegetation equilibrium state for tropical South America. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 23, p. 2199-2203, 2003.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. Climatic consequences of a large-scale desertification in northeast Brazil: a GCM simulation study. **Jornal of Climate**, Boston, v. 17, p. 3203-3214, 2004.

PALMA, J. H. N.; GRAVES, A. R.; BUNCE, R.; BURGESS, P. J.; FILIPPI, R. Modelling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. **Agriculture Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 119, n. 3/4, p. 320-334, mar. 2007.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (org.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel: Cresesb, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 20 jan. 2014.

PIRES, E. A.; GOMES, I. M. D. A.; DOS SANTOS, J. A. B.; QUINTELA, C. M. A. Produção científica e tecnológica: relação entre artigos e patentes de universidades do Nordeste do Brasil. In: **CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GESTÃO DA TECNOLOGIA**, 17., 2015, Porto Alegre. Disponível em: <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/34.pdf>. Acesso em: 16 de abr. 2022.

SERRAO NEUMANN, S. ; DI GIULIO, G.; CHOY, D. L. When salient science is not enough to advance climate change adaptation: Lessons from Brazil and Australia. **Environmental Science & Policy**, v. 109, p 73-82, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.004>. Acesso em: 20 de abr. 2022.

SILVA, T. S.; MILANI, A. M. R.; ANTUNES, U. N. B. Um estudo preliminar da estrutura científica e tecnológica do Nordeste. **Rev. Econ. Nord.**, v.50, n 3, p 107-138, jul./set., 2019.

TROMMSDORFF, M. An economic analysis of agrophotovoltaics: opportunities, risks and strategies towards a more efficient land use. **The Constitutional Economics Network Working Papers**, Freiburg, n. 3, dez., 2016.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).