

DESERTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DEGRADADAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO A PARTIR DE SATÉLITES

DESERTIFICATION AND MAPPING OF DEGRADED AREAS IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION FROM SATELLITES

Catarina de Oliveira Buriti¹

Humberto Alves Barbosa²

Introdução

O Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) alertou recentemente para o agravamento do processo de mudança climática no Planeta. O crescente risco de deterioração da crise ecológica torna urgente a busca de alternativas para *adaptação*, implantando soluções tecnológicas para reduzir o custo humano e financeiro de desastres como secas, degradação das terras, desertificação, calor extremo e incêndios florestais. O aquecimento global aumentou a frequência e intensidade desses desastres climáticos severos. Além disso, fenômenos de longo prazo, como o aumento das temperaturas, têm tornado algumas áreas do mundo inabitáveis.

As mudanças climáticas, embora de natureza global, têm impactos distintos, nas diferentes regiões do mundo. Na última década, regiões como o Semiárido brasileiro, passaram a enfrentar eventos climáticos mais extremos, na forma de secas, que se tornaram mais intensas, frequentes, abrangentes e duradouras. É o caso da maior seca do século, que ocorreu no período 2011-2017 na região (BURITI; BARBOSA, 2018; PAREDES-TREJO, 2021b).

O Relatório especial sobre “Mudança do Clima e Degradação das Terras”, do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2019), reforçou os riscos da desertificação para as populações humanas. Os especialistas evidenciaram a

¹ Pesquisadora, Instituto Nacional do Semiárido (Insa/MCTI), cofundadora do Instituto Letras Ambientais. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0527-7899>. E-mail: catarina.buriti@gmail.com.

² Fundador e coordenador do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis), professor da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e pesquisador de produtividade em pesquisa do CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9641-806X>. E-mail: barbosa33@gmail.com.

Agradecimentos: Este artigo contou com o apoio do projeto “Programa de monitoramento da desertificação por satélite no Semiárido brasileiro”, da Chamada do CNPq Universal no 18/2021. Também contou com o apoio do Projeto “Influência do clima na sazonalidade do novo coronavírus e outros patógenos, a partir de modelos matemáticos, para combate a doenças na Amazônia brasileira”, do Programa Emergencial Capes Epidemias (Edital no 12/2020).

situação particularmente preocupante do Brasil, que possui uma das áreas secas e em processo de desertificação mais densamente povoadas do mundo. De acordo com a nova delimitação do Semiárido (SUDENE, 2021), a região semiárida brasileira possui atualmente uma área de 1.322.680,27 Km², abrangendo 1.427 municípios, com população estimada em 31,7 milhões de pessoas.

A região semiárida brasileira, devido à sua grande extensão e contingente populacional, é considerada uma das maiores áreas do mundo susceptível ao processo de desertificação. É também uma das regiões brasileiras mais vulneráveis às mudanças climáticas, ou seja, altamente suscetível para se adaptar aos efeitos adversos da mudança do clima, principalmente eventos climáticos extremos. Grande parte dessa área vem tendo seus recursos naturais degradados pelo sistema de produção predominantemente agropecuário ou extrativista. Evidências dessa degradação estão presentes em quase todas as partes e, em alguns locais, são tão flagrantes que foram reconhecidos como *Núcleos de Desertificação* (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971 e 2002). Em geral, são locais com grandes manchas desnudas e/ou com cobertura vegetal rala, além de sinais claros de erosão do solo. Há outros locais com aparência de degradação semelhante, embora ainda não sejam reconhecidos como Núcleos.

Os processos de degradação quase sempre se iniciam com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outra cultivada e de porte ou ciclo de vida diferente. A vegetação arbustiva e arbórea da caatinga, predominante no Semiárido, é substituída por pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto (SAMPAIO et al., 2003).

A gravidade do processo de desertificação decorre da geração de impactos ambientais que acarretam, além da perda da biodiversidade, a degradação dos solos, através da erosão, resultando em perda de fertilidade química e física. Essa perda de patrimônio nacional (solo fértil) aumenta as condições de vulnerabilidade social e, conseqüentemente, aprofunda a pobreza no meio rural e urbano, particularmente quando associada aos ciclos de secas prolongadas, pela exaustão da capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Todavia, o grau de conhecimento do processo de degradação das terras e sua extensão ainda são deficitários e necessitam de constantes atualizações. Embora os sinais de degradação nessas áreas sejam tão evidentes, as metodologias de mapeamento da expansão da desertificação ainda são muito incipientes, não fornecendo resultados consistentes, para fundamentar tomadas de decisão sobre esse grave processo.

Nesse contexto, o presente artigo tem o objetivo de analisar a atual situação da desertificação no Semiárido brasileiro, bem como as recentes estratégias de mapeamento das áreas degradadas, a partir de dados de satélites. Para isso, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto, para extrair informações de dados de satélites globais, de última geração, por meio de Sistemas de Informação

Geográfica (SIG), que contribuam para estratégias de combate à desertificação, adaptação à seca e às mudanças climáticas no Semiárido brasileiro.

O processo de desertificação no Brasil

De acordo com o Relatório do IPCC (2019), a desertificação é a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de um conjunto de fatores naturais e antrópicos, que incluem variações climáticas e atividades humanas.

A degradação das terras se refere à perda da sua produtividade biológica ou econômica, resultando na deterioração das propriedades físicas, biológicas e/ou econômicas do solo, bem como na perda de longo prazo da vegetação natural (UNITED NATIONS, 1994).

Em 1977, a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizada em Nairóbi, Quênia-África, foi o primeiro fórum internacional que chamou atenção para o perigo do crescente risco da desertificação, em territórios de vários países, incluindo a região semiárida do Brasil. O engenheiro agrônomo João Vasconcelos Sobrinho, pioneiro dos estudos sobre desertificação no Brasil, representou o Brasil no evento.

Desde então, o interesse científico, político e internacional sobre a desertificação tem aumentado, especialmente em ecossistemas áridos, semiáridos e subúmidos secos. Essas áreas exercem um papel significativo na produção de alimentos e no desenvolvimento social das comunidades.

Segundo Vasconcelos Sobrinho (1971), a desertificação é condicionada pela intervenção do clima, dos solos, da flora, da fauna e do ser humano. O processo ocorre devido à fragilidade dos ecossistemas das terras secas em geral, que em decorrência da pressão excessiva, exercida pelas populações humanas e pela fauna nativa, perdem sua produtividade e a capacidade de recuperar-se. O estudioso foi responsável por formular a categoria “núcleos de desertificação”, identificando a existência de seis áreas desertificadas, no então chamado “Polígono das Secas”. São eles: Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN/PB), Cabrobó (PE), Cariris Velhos (PB) e Sertão do São Francisco (BA).

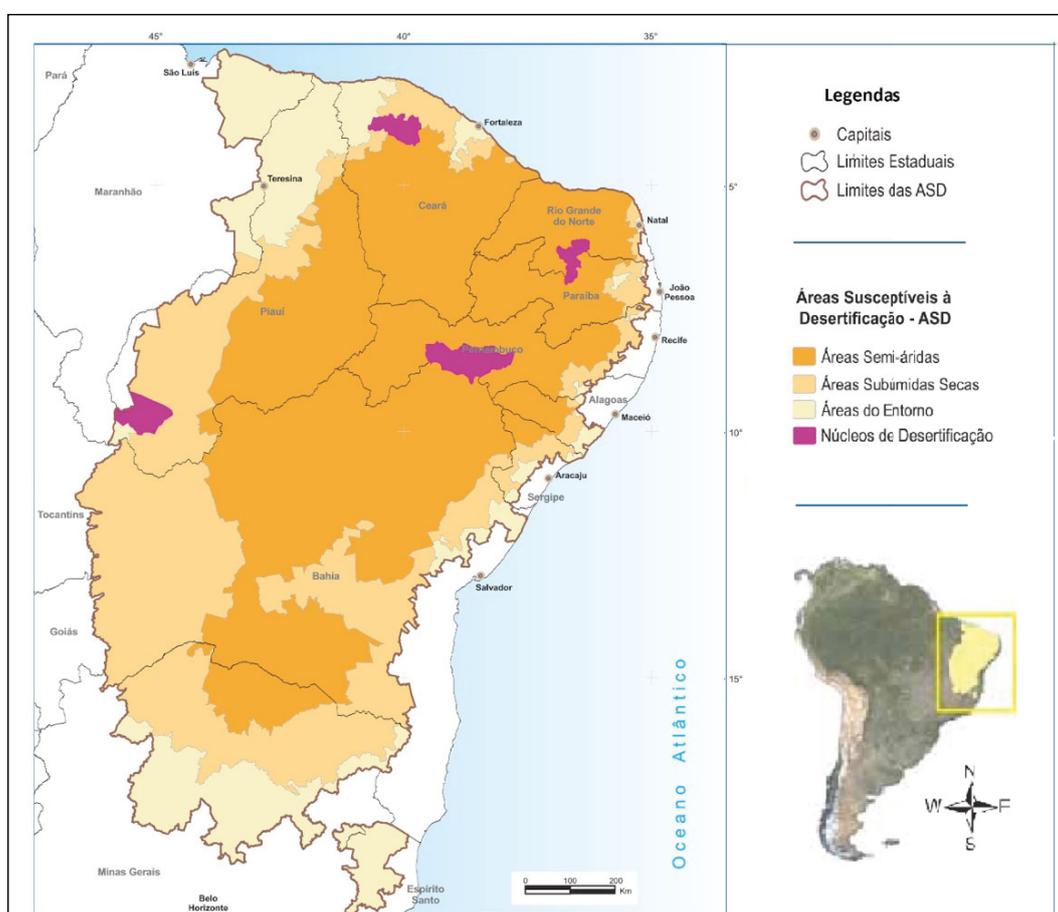
Com base nas definições acima apresentadas, neste artigo, consideramos a desertificação como a “degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de atividades humanas e variações climáticas, que podem levar a condições desérticas (BURITI; BARBOSA, 2021).

A Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação (UNCCD) incluiu como áreas suscetíveis à desertificação (ASD's) todas as regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas do Planeta. Como o Brasil não possui áreas com

clima árido, o Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação do Brasil (MMA, 2007) considerou as regiões com clima semiárido e subúmido seco, além de também incluir suas áreas do entorno, como propensas à desertificação.

As áreas do entorno foram agregadas ao mapa das ASD's para incluírem municípios com características similares às áreas semiáridas e subúmidas secas, com elevado risco de ocorrência de secas e enclaves de caatinga, vegetação típica do Semiárido brasileiro.

Para classificar as áreas brasileiras suscetíveis à desertificação foi adotado o Índice de Aridez, seguindo as diretrizes da Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação (UNCCD). Esse indicador é calculado pela razão entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração.



Fonte: PAN-Brasil (MMA, 2005).

Figura 1. Áreas suscetíveis à desertificação no Brasil.

No Brasil, de acordo com Atlas (MMA, 2007), as ASD's compreendem cerca de 1.340.863 Km² (16% do território brasileiro), abrangendo 1.488 municípios (27% do total), incluindo territórios dos nove estados do Nordeste e de dois estados do Sudeste (parte de Minas Gerais e do Espírito Santo). Mais de 30 milhões de pessoas (17% da população brasileira) são atingidas pelo processo.

Os estados do Ceará e Pernambuco são os mais afetados pelo problema, sendo que a Paraíba, proporcionalmente, apresenta-se com a maior extensão de área comprometida, alcançando mais de 70% do seu território.

As ASD's são áreas que podem se tornar deserto, caso o nível de degradação das suas terras se intensifique, no processo histórico de uso e ocupação das terras. Para evitar que isso aconteça, é necessário promover o uso ordenado da terra, respeitando sua capacidade de suporte e a vulnerabilidade de cada ecossistema.

As principais causas da desertificação no Brasil

Os solos do Semiárido brasileiro, ainda jovens e pouco profundos, são altamente suscetíveis à desertificação. Em razão dessas características, quando submetidos às constantes ações de degradação natural e antrópica, têm sua matéria orgânica comprometida. A desertificação ocorre justamente em razão da crescente deterioração dos recursos naturais, em ecossistemas de terras secas, que culmina na degradação grave ou muito grave dos solos.

Diante do papel central que a ação humana exerce sobre o aumento das áreas em processo de desertificação, é necessário identificar as atividades antrópicas que aumentam a degradação dos ecossistemas. São ações que aceleram o processo de deterioração das terras, nas ASD's do Brasil.

A desertificação é uma resposta a vários outros processos que ocorrem no uso da terra. Hoje, o processo de degradação está muito ligado, principalmente, ao desmatamento da Caatinga, para atividades agropecuárias e para a produção de biomassa, visando gerar energia a setores produtivos.

A seguir, destacam-se os quatro principais tipos de atividades humanas que aumentam a degradação dos solos, principal motor da desertificação:

1) Agropecuária: a principal atividade econômica do Semiárido brasileiro é a agropecuária. A exploração intensiva do solo para essa atividade, sem o manejo adequado, leva à perda da matéria orgânica, limitando a capacidade de recuperação dos seus nutrientes. Essa utilização excessiva empobrece os solos, em razão de reduzir o tempo de pousio ou descanso, necessário para recuperar a fertilidade dos solos e manter a produtividade das terras (SÁ, 2007).

O constante desmatamento da Caatinga, para ocupação dos solos com a agropecuária, provoca intensos impactos nas florestas secas, reduzindo grande parte da sua diversidade biológica. A remoção total ou parcial da cobertura vegetal deixa o solo descoberto. Com isso, ficam expostos aos processos erosivos, acelerando o processo de desertificação.

2) Sobrepastoreio: o uso e ocupação dos solos do Semiárido brasileiro geralmente é inadequado à sua capacidade de suporte, interferindo profundamente na sua formação

e propriedades. A pecuária extensiva é outro fator que intensifica a degradação dos solos, acelerando os processos erosivos. As práticas de pastejo de animais de grande porte, como o gado bovino, e/ou a presença de uma superpopulação de animais, em uma área restrita, aumenta a vulnerabilidade dos ecossistemas à deterioração das terras (BURITI; BARBOSA, 2018). Esse é um dos principais fatores da desertificação, em razão da compactação do solo, causada pelo pisoteio dos animais.

3) Desmatamento: a forma de uso e ocupação das terras está diretamente relacionada com sua degradação. A remoção da cobertura vegetal de proteção do solo causa a erosão (grandes sulcos abertos no solo), porta de entrada para a desertificação. Com o desmatamento, os solos ficam expostos. A remoção da terra, de forma natural ou pela ação humana, compromete a integridade dos solos. As mudanças climáticas pioram esse processo de degradação.

Cerca de 30% da energia consumida pelos setores industrial/comercial e domicílios do Nordeste é oriunda da biomassa florestal da Caatinga. Esse dado corresponde a cerca de um terço da demanda energética da região, sendo atendido pela produção de lenha e carvão (PAREYN; VIEIRA; GARIGLIO, 2015).

A lenha utilizada como fonte de energia, para produção industrial, como nas fábricas cerâmicas do Semiárido brasileiro, normalmente é explorada de forma intensiva, sem o manejo florestal adequado e sem tempo suficiente para regeneração das espécies (SÁ, 2007). A extração de madeira nativa da Caatinga, para abastecimento de indústrias cerâmicas da região, é uma das principais causas da desertificação.

Um problema agravante é que o desmatamento da Caatinga, para obtenção de lenha e carvão, geralmente é associado à extração do solo, para as fábricas cerâmicas, a exemplo dos polos produtores de telhas, instalados na região do Seridó potiguar. É uma atividade produtiva de grande impacto ambiental. As fornalhas que alimentam a queima do produto usam grande volume de lenha, extraída da caatinga, além do uso de água e argila, que levam ao esgotamento dos recursos naturais dessas áreas.

4) Irrigação: a irrigação agrícola no Semiárido brasileiro, quando praticada sem o manejo adequado, é outro fator de degradação das terras. Os solos da região, submetidos à prática da irrigação, apresentam risco de se tornarem salinos, caso não sejam tomadas as devidas precauções. Alguns tipos de solos da região, ainda rasos e pouco desenvolvidos, apresentam maior risco de salinização. A salinização é caracterizada pelo acúmulo excessivo de sais minerais no solo, a ponto de prejudicar a germinação e o desenvolvimento das lavouras. Esses sais são provenientes da água da irrigação e/ou do lençol freático, quando este se eleva até próximo da superfície do solo.

Desde os anos 1980, a região do Matopiba, confluência de territórios do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, passou a ser explorada para produção intensiva de grãos, principalmente milho e soja, com base na irrigação.

Considerada a nova fronteira agrícola do Brasil, grande parte das terras de Matopiba são áreas suscetíveis à desertificação. O uso de insumos e pesticidas aumentam o processo de degradação dos solos, reduzindo sua produtividade.

As queimadas no Nordeste também se concentram atualmente na região de Matopiba, para gerar terras agricultáveis. Com isso, essas áreas se tornam degradadas, em um curto período.

Outra área preocupante de degradação é a região do rio São Francisco. Um estudo publicado recentemente por pesquisadores do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis) avaliou a dimensão do impacto da irrigação e das secas extremas na degradação das terras, na bacia do rio São Francisco, no período de 1985 a 2020 (PAREDES-TREJO et. al., 2021a). A pesquisa evidenciou uma expansão das áreas afetadas por secas, principalmente nas regiões do Médio e Alto São Francisco, durante os meses de inverno (junho a agosto).

Também houve tendência de aumento das secas extremas de longo prazo, em termos de severidade e duração, ao longo da bacia hidrográfica. Um acentuado esgotamento dos níveis de água subterrânea foi observado, simultâneo ao aumento do percentual de umidade do solo, durante as secas mais severas do período. O dado indica uma intensificação da captação de água subterrânea, para irrigação agrícola, às margens do rio São Francisco, atividade que tem aumentado o processo de degradação dos solos (PAREDES-TREJO et. al., 2021a).

A capacidade institucional dos municípios do Semiárido para combate à desertificação

Cerca de 93% dos municípios do Semiárido brasileiro são considerados de pequeno porte, ou seja, contam com população inferior a 50 mil habitantes. Em 2018, um estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sobre o Perfil dos Municípios Brasileiros (Munic), mostrou que cerca de 60% dos municípios afetados por secas não contavam com um plano de contingência, instrumento orientado à prevenção dos impactos desse fenômeno climático. Apenas 15% dispunham de um plano específico de contingência e/ou de prevenção aos efeitos da seca.

Os dados da pesquisa do IBGE alertam sobre a falta de planejamento dos municípios brasileiros, para enfrentar problemas ambientais complexos, como secas e desertificação, que tendem a se agravar, no contexto da mudança climática. A falta de planejamento é especialmente preocupante nos municípios do Semiárido brasileiro, onde há risco de a seca assumir dimensões de desastre natural, pela confluência de problemas socioeconômicos, ambientais e institucionais que pode acarretar.

Como exemplo, está a recente seca de 2011-2017, que acarretou impactos profundos em termos socioeconômicos e ambientais no Semiárido brasileiro (BURITI;

BARBOSA, 2018). Dentre os impactos do fenômeno climático, que se prolongou por sete anos na região, estão o aumento nos preços dos alimentos, as expressivas mudanças na cobertura dos solos, como erosão superficial, ausência de vegetação, baixa fertilidade, e conseqüentemente a intensificação da desertificação. Esse processo gera e acentua a escassez de recursos naturais vitais para a sobrevivência humana, tais como água potável, solo agrícola e vegetação (SILVA et al., 2009).

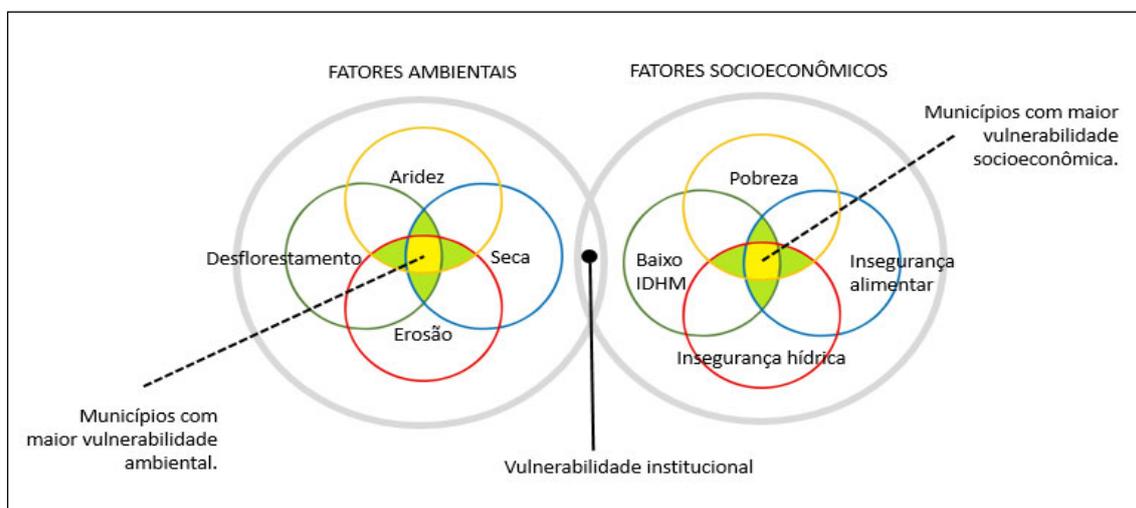
Ressalta-se ainda a deficiência hídrica que assolou a região, onde o volume da água dos rios e reservatórios ficaram em situação extremamente crítica (BARBOSA; KUMAR, 2016). Durante a severa seca 2011-2017, muitos mananciais correram risco de entrar em colapso. Municípios de grande porte do Semiárido brasileiro, como Campina Grande (PB), abastecida pelo açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), localizado nos Cariris paraibanos, microrregiões mais secas do Brasil, enfrentaram situação alarmante de insegurança hídrica (BURITI; BARBOSA, 2018). As conseqüências mais evidentes das grandes secas são a fome, a desnutrição, a miséria e o êxodo rural (MCBEAN; RODGERS, 2009). Mas, vale lembrar que, de forma geral, seus impactos dependem das vulnerabilidades locais e da capacidade de adaptação e resiliência da população e dos governos.

No Livro “Um século de secas” (BURITI; BARBOSA, 2018), foi desenvolvida uma metodologia para analisar como pequenos municípios do Semiárido brasileiro, marcados por uma confluência de vulnerabilidades, podem lidar com problemas ambientais complexos, a exemplo de secas extremas, desertificação e mudança climática.

Dentre as vulnerabilidades enfrentadas pela densa população da região, estão:

- 1) Vulnerabilidade climática:** ocorre sobretudo pela frequência de secas intensas e pelos atuais impactos do processo de mudança climática;
- 2) Vulnerabilidade à desertificação:** um processo crescente e irreversível, intensificado pelas secas e pelo manejo inadequado dos recursos naturais;
- 3) Vulnerabilidade ecológica:** os riscos que a Caatinga enfrenta de atingir um ponto de não retorno, ou seja, a degradação da vegetação e as secas extremas podem causar danos fisiológicos na vegetação, a ponto de as plantas perderem sua capacidade de se autorrecuperar;
- 4) Vulnerabilidade institucional:** falta de capacidade institucional dos pequenos municípios para enfrentar problemas ambientais complexos;
- 5) Vulnerabilidade socioeconômica:** a agricultura familiar, de baixa escala, atividade econômica predominante na região, é desmantelada durante as secas, de modo que a população perde sua principal fonte de subsistência;
- 6) Vulnerabilidade do conhecimento:** a limitação no acesso a informações técnico-científicas qualificadas impede uma melhor gestão dos recursos naturais e a obtenção de renda, a partir do aproveitamento sustentável da bioeconomia da Caatinga.

Na Figura 2, apresenta-se um fluxograma que possibilita um melhor entendimento da abordagem interdisciplinar própria desta pesquisa, para descrever os fatores ambientais e socioeconômicos do Semiárido brasileiro. Essas características são interdependentes, do ponto de vista das suas vulnerabilidades, acarretando em fragilidade institucional no processo de gestão e governança ambiental, nos municípios da região.



Fonte: BURITI, BARBOSA, 2018.

Figura 2. Fluxograma das vulnerabilidades ambientais, socioeconômicas e institucionais nos Cariris paraibanos.

Pelo exposto na Figura 2, observa-se que da convergência de vulnerabilidades ambientais e socioeconômicas, nos municípios em processo de desertificação, expressa-se a falta de capacidade institucional, em âmbito local, para lidar politicamente com problemas complexos, a exemplo da adaptação à seca e à mudança climática.

A noção de capacidade institucional refere-se à estrutura e aos processos organizacionais e administrativos de instituições públicas, que deveriam viabilizar o cumprimento dos objetivos e metas estabelecidos. O termo mantém estreito vínculo com a capacidade de planejamento e de gestão das políticas públicas, mediante a racionalização dos métodos e procedimentos, modernização dos sistemas de informação, estabelecimento de relações com atores de cooperação e colaboração, entre outros aspectos relacionados a funções administrativas e de suporte, técnicas/programas, estrutura, cultura e recursos (FERNANDES, 2016).

Secas expandem áreas desérticas no Semiárido brasileiro

A seca é um dos principais agravantes que aceleram a degradação das terras, no Semiárido brasileiro. Esses eventos climáticos extremos intensificam as pressões sobre os recursos naturais da região, sobretudo a vegetação e,

consequentemente, os solos. A supressão da vegetação, pela ação humana, deixa o solo desnudo. Com isso, fatores naturais, como chuvas torrenciais e ventos, aumentam a degradação do solo e levam à erosão, sendo as primeiras evidências do processo de desertificação.

As áreas com terras altamente deterioradas ou em processo de desertificação se expandem a cada ano, especialmente com o crescimento populacional e o aumento da frequência/ intensidade das secas. É um círculo vicioso, que se retroalimenta. À medida em que ocorrem secas repetidas, de forma cada vez mais frequente, agrava-se a degradação das terras da Caatinga, em função do aumento das pressões humanas sobre os ecossistemas.

A desertificação é considerada um processo irreversível, impulsionado por fatores naturais, como temperatura, precipitação, perda de cobertura vegetal e fatores humanos, além da forma de uso da terra/mudança na cobertura do solo, industrialização e urbanização (BARBOSA, 2018). Dessa forma, secas e degradação ambiental são fatores associados, cujos impactos são potencializados pela ação humana, resultando em uma situação irreversível, que é a desertificação.

Isso não significa que as secas causam a desertificação. É claro que os ecossistemas semiáridos se tornam muito mais vulneráveis ao processo de degradação, durante as secas extremas. Mas se houver a gestão adequada dos recursos naturais, pelo menos as terras onde o nível de degradação é moderado, podem se recuperar, no período chuvoso. Porém, em razão da exploração intensiva dos recursos naturais, com práticas de manejo inadequado, os impactos das secas são amplificados, nas áreas degradadas.

Um estudo recente sobre desertificação no Semiárido de Alagoas, baseado em monitoramento por satélite, mostrou que, nas últimas décadas, houve mudanças significativas no uso e cobertura do solo desses municípios. As interferências antrópicas se deram principalmente pela conversão de áreas com cobertura de vegetação natural para solos agrícolas. Embora em algumas áreas a baixa cobertura vegetal se deva a fatores climáticos ou a outras influências naturais, em muitos casos, indica a intensificação do processo de degradação das terras, causada pela ação humana, associada a fatores climáticos. É o caso do que ocorreu durante a “seca do século” (2011-2017), cujas proporções da seca extrema e uso intensivo da terra levou ao aumento do processo de desertificação, em áreas do Semiárido brasileiro (COSTA, 2021).

A análise realizada nos municípios alagoanos de Ouro Branco e Senador Rui Palmeiras, permitiu identificar que nem sempre a resposta da vegetação, em termos de crescimento, está associada ao aumento das chuvas e da umidade do solo no local. Em algumas áreas, não há uma forte correlação entre a precipitação e o aumento da umidade do solo, com os baixos índices de cobertura vegetal.

Ou seja, mesmo com chuvas significativas, a vegetação não se desenvolveu, nas áreas mais degradadas e propensas à desertificação (COSTA, 2021).

É justamente o crescente processo de degradação das terras que provoca a desertificação. A desertificação ocorre quando as terras já estão degradadas de forma grave ou muito grave, exaurindo a capacidade de recuperação dos ecossistemas, principalmente dos solos e da vegetação. A capacidade de resiliência da vegetação local depende de diferentes fatores, como tipos de solo, bem como da forma de uso e ocupação das terras. Quando falamos em resiliência, estamos nos referindo à capacidade de a vegetação se recuperar, após passar por situações de intenso estresse hídrico, como ocorreu durante a grande seca 2011-2017, que atingiu municípios do Semiárido brasileiro.

Um dos motivos para o aumento do processo de degradação das terras, na última década, foi quando ocorreu a chamada “seca do século”. No Livro “Um século de secas” (BURITI; BARBOSA, 2018), buscou-se na história de 100 anos de secas no Semiárido brasileiro, incluindo a mais recente, de 2011-2017, evidências para compreender o processo de desertificação na região. Particularmente no ano de 2012, a Caatinga passou por um momento muito crítico, em seu processo de regeneração, em função não só do uso da terra – desmatamento, queimadas, superpastoreio etc. –, mas também da severidade climática natural.

Risco de ponto de não retorno da vegetação da Caatinga

Com o aumento na frequência e intensidade das secas, em razão da mudança climática, a capacidade de resposta da vegetação, para se recuperar de eventos extremos, será fundamental. Embora a caatinga seja uma vegetação xerófila, altamente adaptada à seca e às condições de semiaridez, as plantas nativas são vulneráveis ao processo de mudança do clima.

Pesquisas científicas têm chamado atenção sobre o ponto de não retorno da vegetação, em razão de danos fisiológicos deixados por secas repetidas, fazendo com que as plantas percam sua capacidade de se autorrecuperar. Uma deterioração relativamente pequena na disponibilidade de água pode fazer com que o ecossistema alcance um ponto crítico de irreversibilidade, conhecido como “*tipping-point*”, causando uma flora e fauna empobrecida (ALLEN, 2009). Com o aumento dos eventos climáticos extremos, como secas severas e altas temperaturas, a vegetação nativa da Caatinga pode ter redução na sua capacidade de sobreviver.

Pesquisadores analisaram os efeitos de várias secas repetidas, no período de 1900 a 2018, sobre a resiliência de ecossistemas florestais. A pesquisa identificou situações nas quais a redução no crescimento das árvores foi maior em uma seca subsequente, de intensidade severa, mesmo que a seca anterior tenha sido moderada (ANDEREGG et. al., 2020). Essa maior vulnerabilidade da

vegetação pode estar associada à “memória” de antigas secas extremas, que acionou “gatilhos” de danos fisiológicos, deixados por secas do passado.

As secas múltiplas impactam na resiliência de ecossistemas florestais. Os impactos das secas subsequentes geralmente são mais deletérios do que as secas iniciais, no crescimento e na mortalidade de algumas árvores. Porém, esse efeito difere enormemente por tipo de árvore e ecossistema (ANDEREGG et. al., 2020).

Sob condições historicamente normais, a Caatinga frequentemente experimenta secas com duração de 7 a 11 meses. Mas em períodos extremos, essas secas se prolongam por vários anos. Cientistas alertam que essa variabilidade climática extrema faz com que muitas espécies de plantas da caatinga já operem em seus limites fisiológicos.

Embora a caatinga seja resistente a secas severas, seus ecossistemas têm sido fortemente degradados pela agropecuária, desmatamento, uso intensivo do solo e salinização. Esses fatores de degradação tornam a vegetação extremamente vulnerável aos eventos climáticos extremos. Os impactos de secas isoladas têm sido amplamente estudados em todo o mundo, mas pouco ainda se conhece sobre o quanto os ecossistemas conseguem se adaptar, ou se tornam mais vulneráveis, quando ocorrem repetidos eventos de seca.

Ainda existem dificuldades para se prever como, após uma seca severa, determinado ecossistema, como áreas de caatinga, se torna mais ou menos sensível ao próximo evento climático extremo. Isso depende da compreensão da capacidade de recuperação das plantas e dos ecossistemas, depois de submetidos a sucessivos processos fisiológicos de estresse hídrico.

Uma seca severa tem papel crítico na capacidade de recuperação da vegetação, depois que plantas e ecossistemas são submetidos a sucessivos processos fisiológicos de estresse hídrico. A seca excepcional no Semiárido brasileiro, que ocorreu no período 2011-2017, provavelmente deixou danos fisiológicos significativos na vegetação, influenciando na capacidade de recuperação dos ecossistemas, mesmo depois da chegada das chuvas. Mas esse é um assunto que ainda precisa ser pesquisado e aprofundado, bem como sua influência no processo de desertificação.

Mapeamento da desertificação a partir de dados de satélites

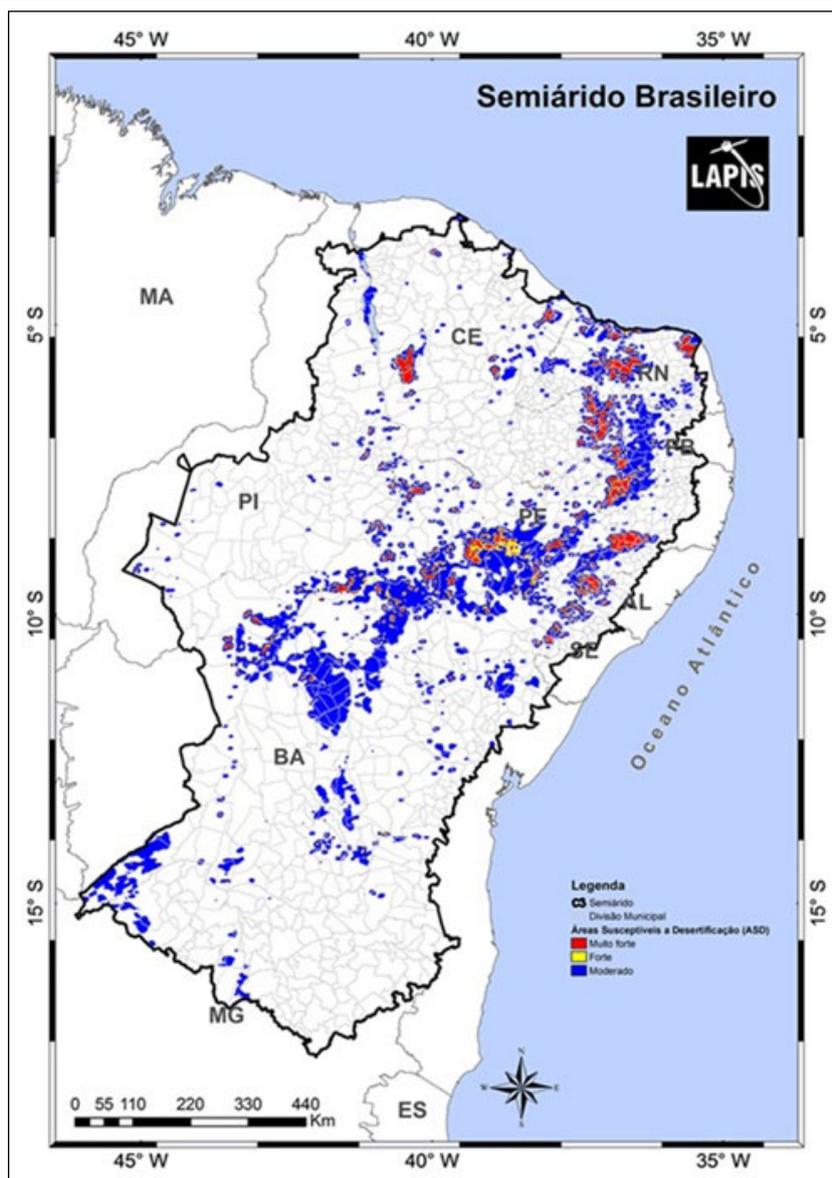
O mapeamento das áreas em processo de desertificação é fundamental à formulação de políticas, visando combater suas principais causas. Mas apesar da urgência de ações para combate à desertificação, existe uma lacuna muito grande de conhecimentos e dados confiáveis sobre esse complexo problema de deterioração ambiental no Brasil.

Dados de sensoriamento remoto, em particular obtidos a partir de satélites de observação da Terra, têm sido usados como ferramenta alternativa, para estudar a desertificação. Com a capacidade de fornecer melhorias espaciais e cobertura temporal, esses dados permitem a exploração da desertificação no local, para escala global, ao longo do tempo (BURITI; BARBOSA, 2018).

Desde 2015, houve um aumento no uso de técnicas de sensoriamento remoto e sua disponibilidade, para monitoramento das áreas afetadas pela desertificação. A China é o país com mais pesquisas sobre desertificação, usando sensoriamento remoto. Classificação e detecção de mudanças no uso da terra são os métodos mais utilizados para estudar a desertificação, usando sensoriamento remoto, sendo a cobertura e o uso do solo, bem como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), as variáveis mais utilizadas.

Em 2016, uma iniciativa pioneira do Laboratório Lapis lançou o primeiro mapa das áreas degradadas no Semiárido brasileiro. O estudo analisou a expansão da desertificação no Semiárido brasileiro, no período de 2007 a 2016. Para isso, foi desenvolvida uma nova metodologia, para classificação dos níveis de degradação, usando imagens de NDVI de longo prazo, baseada em dados do satélite Meteosat-10.

Na pesquisa inédita do Lapis, as áreas degradadas e em processo de desertificação foram identificadas, visando contribuir com o planejamento de políticas, em escala regional. A Figura 3 sintetiza os resultados do estudo, ao apresentar as áreas degradadas no Semiárido brasileiro, de acordo com o nível de deterioração das terras (muito grave, grave e moderada). A vantagem da pesquisa foi utilizar os mesmos critérios técnico-científicos de classificação, para identificar as áreas atingidas pelo processo de desertificação, em escala regional. Com isso, o mapeamento minimiza o problema das divergências institucionais, quanto à classificação dos municípios inseridos nos núcleos de desertificação, ao utilizar uma metodologia padronizada.



Fonte: Lapis.

Figura 3. Mapa das áreas degradadas no Semiárido brasileiro, em 2016.

Como resultado do estudo, concluiu-se que cerca de 25% do território do Nordeste brasileiro apresenta algum nível de degradação. Desse total, estima-se que 13% das terras já se transformaram em deserto. As áreas foram classificadas por estado, nas categorias de degradação moderada, grave ou muito grave.

O levantamento também identificou os níveis de degradação das terras, em relação às áreas totais de cada estado da região. Como o estudo foi realizado em 2016, tomou por base a delimitação do Semiárido brasileiro de 2005, vigente na época. As Tabelas 1 e 2 mostram a classificação do percentual de áreas degradadas por estado, de acordo com o nível de deterioração das terras estimado no estudo. Para o escopo deste artigo, apresentam-se apenas dados referentes às áreas que já estão desertificadas, ou seja, classificadas com nível de degradação grave ou muito grave.

Tabela 1. Áreas com níveis de degradação grave por estado (Porcentagem em relação à área total do estado).

Classificação	Estado	Área com degradação grave (%)
1º	AL	6,7%
2º	RN	5,2%
3º	SE	4,6%
4º	PE	4,0%
5º	PB	3,8%
6º	BA	1,7%
7º	CE	0,8%
8º	PI	0,5%
9º	MG	0,0%

Fonte: Lapis.

Tabela 2. Áreas com níveis de degradação muito grave por estado (Porcentagem em relação à área total do estado).

Classificação	Estado	Área com degradação muito grave (%)
1º	AL	10,3%
2º	RN	9,2%
3º	PB	7,1%
4º	PE	5,4%
5º	SE	3,9%
6º	CE	1,6%
7º	BA	1,4%
8º	PI	0,4%
9º	MG	0,0%

Fonte: Lapis.

A desertificação é um processo histórico, que depende de um conjunto de influências naturais e, principalmente, da ação humana. O levantamento feito pelo Lapis mostrou que, na última década, a forma de uso e ocupação da terra, bem como a severidade das secas, aceleraram o processo de degradação das terras na região. Áreas em torno dos chamados núcleos de desertificação, tiveram seu nível de degradação ampliado.

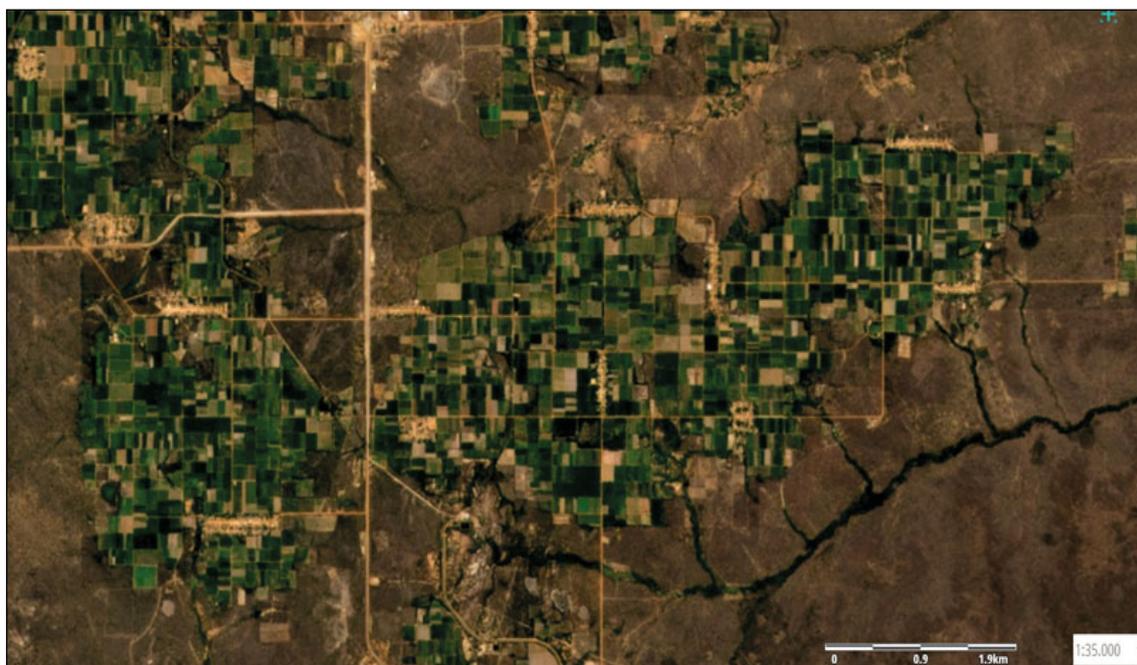
Monitoramento da desertificação a partir de imagens de alta resolução

Recentemente, uma nova tecnologia de sensoriamento remoto veio fortalecer as iniciativas de mapeamento das áreas degradadas e da desertificação, do Laboratório Lapis, com uso de dados da constelação de satélites PlanetScope.

Desde 2020, o Brasil passou a contar com esse sofisticado sistema de monitoramento por satélite, formada por mais de 175 nanossatélites. Pelo PlanetScope, são geradas imagens de satélites de alta resolução espacial, com capacidade de cobertura diária, de todo o território nacional (BURITI; BARBOSA, 2022).

As imagens do PlanetScope fazem parte de uma tecnologia de ponta, usada hoje pela Polícia Federal e demais instituições de segurança pública brasileiras, por meio do Programa Brasil M.A.I.S (Meio Ambiente Integrado e Seguro).

O Laboratório Lapis, no âmbito do Programa Brasil M.A.I.S, desenvolve metodologias para processamento e análise das imagens da constelação PlanetScope. A Figura 4 corresponde a uma dessas imagens de satélite e exemplifica o mapeamento da desertificação, usando essa alta tecnologia, no município de Cabrobó (PE). São áreas agrícolas que contrastam com o núcleo de desertificação daquele município.



Fonte: PlanetScope. Elaboração: Lapis.

Figura 4. Imagem da constelação PlanetScope mostra núcleo de desertificação em Cabrobó (PE).

O monitoramento por satélite, realizado pelo Laboratório Lapis, localizou o enorme contingente populacional afetado pela desertificação, no Brasil. De algum modo, essas pessoas já enfrentam consequências como: insegurança alimentar, em razão da redução na produção de alimentos e da perda da produtividade das terras, escassez hídrica, perda da biodiversidade, deslocamentos internos (migração), eventos climáticos extremos etc. O monitoramento sistemático do processo de degradação das terras é a etapa inicial para o planejamento de políticas de combate à desertificação.

Considerações finais

A degradação das terras e o aumento da desertificação na região semiárida brasileira estão entre os problemas ambientais considerados mais graves no Brasil. A perda da produtividade das terras, os impactos socioeconômicos e a irreversibilidade da desertificação são fatores que deveriam receber atenção especial, em termos de políticas públicas.

Em razão da convergência de vulnerabilidades que caracterizam os pequenos municípios do Semiárido brasileiro, há uma enorme dificuldade, no âmbito local, para empreender ações de combate à degradação das terras. Por isso, existe a necessidade urgente de um projeto nacional de adaptação às secas e à mudança climática, focado especialmente em ações para combater a expansão do processo de desertificação.

Diante disso, há dois fatores essenciais para uma melhor compreensão científica do processo de desertificação: 1) ampliar os territórios da Caatinga protegidos em unidades de conservação, que hoje é de apenas cerca de 1%. Essa proteção contribui para garantir a manutenção da diversidade das espécies da Caatinga; e 2) Considerar os atuais “núcleos de desertificação” como verdadeiros laboratórios para pesquisa científica, para o entendimento do que pode acontecer em futuro próximo, nas áreas suscetíveis à desertificação (ASD's), caso não haja ações para conter o processo de degradação das terras.

A desertificação tem uma gravidade extrema, pelo risco de transformar a região semiárida brasileira em um deserto. Por isso, é fundamental a retomada de políticas, em âmbito local, estadual e federal, para promover o manejo adequado dos recursos naturais e o uso sustentável das terras. Adotar políticas efetivas de adaptação à seca, incluídas em um plano de contingência aos seus impactos, também é um dos caminhos para desacelerar a desertificação no Brasil.

Referências

- ALLEN, C. D. Climate-induced forest dieback: an escalating global phenomenon. In: **Unasylva**, v. 60, n. 231, 2009. p. 43-49.
- ANDEREGG, William R. L. Divergent forest sensitivity to repeated extreme droughts. In: **Nature Climate Change**, v. 10, 2020. p. 1091–1095. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41558-020-00919-1>>.
- BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. V. L. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 124, p. 377-387, 2016.
- BURITI, Catarina de Oliveira; BARBOSA, H. A. **Um século de secas**. Lisboa-

Portugal, 2018. 454 p.

COSTA, L. E. dos S. **Avaliação do processo de desertificação nos municípios de Ouro Branco e Senador Rui Palmeira, no Semiárido alagoano, a partir de sensoriamento remoto**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. UFAL, 2021.

FERNANDES, F. S. Capacidade institucional: uma revisão de conceitos e programas federais de governo para o fortalecimento da administração pública. **Cad. EBAPE.BR**, v. 14, n 3, p. 695-704, jul./set. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 2016. 61 p.

IPCC. **Climate Change and Land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. August 2019.

IPCC. The Working Group II contribution was released on 28 February 2022. **Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022**.

MCBEAN, G.; RODGERS, C. Climate Hazards and Disasters: the need for capacity building. **Wiley Interdisciplinary Reviews**, v. 1, n. 6, p. 871-884, 2009.

MMA. **Atlas das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil**. Brasília-DF: MMA, 2007.

PAN-BRASIL. **Programa Nacional de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação do Efeitos da Seca**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. 2004.

PAREDES-TREJO, Franklin; BARBOSA, H. A.; GIOVANNETTONE, J.; KUMAR, T.V. Lakshmi; KUMAR-THAKUR, M.; BURITI, Catarina de Oliveira; UZCATEGUI-BRICENO, C. Drought Assessment in the São Francisco River Basin Using Satellite-Based and Ground-Based Indices. In: **Remote Sensing**, v. 13, p. 3921-3946, 2021a.

PAREDES-TREJO, F.; BARBOSA, H. A.; GIOVANNETTONE, J.; LAKSHMI KUMAR, T. V.; KUMAR-THAKUR, M.; BURITI, Catarina de Oliveira. Long-Term Spatiotemporal Variation of Droughts in the Amazon River Basin. In: **Water**, v. 13, p. 351-366, 2021b.

PAREYN, Frans; VIEIRA, José Luiz; GARIGLIO, Maria Auxiliadora. **Estatística florestal da Caatinga**. v. 2. Associação Plantas do Nordeste (APNE), agosto de 2015.

SÁ, Iêdo Bezerra. **Monitoramento e prevenção do processo de desertificação**. CGEE. Nota técnica. Petrolina (PE). CGEE e Embrapa Semiárido, 2007.

SAMPAIO, E. V. B.; SAPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, S. B.; SAMPAIO, G. R. **Desertificação no Brasil: Conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 202 p.

SILVA, N. P. N. et. al. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semi-árido de

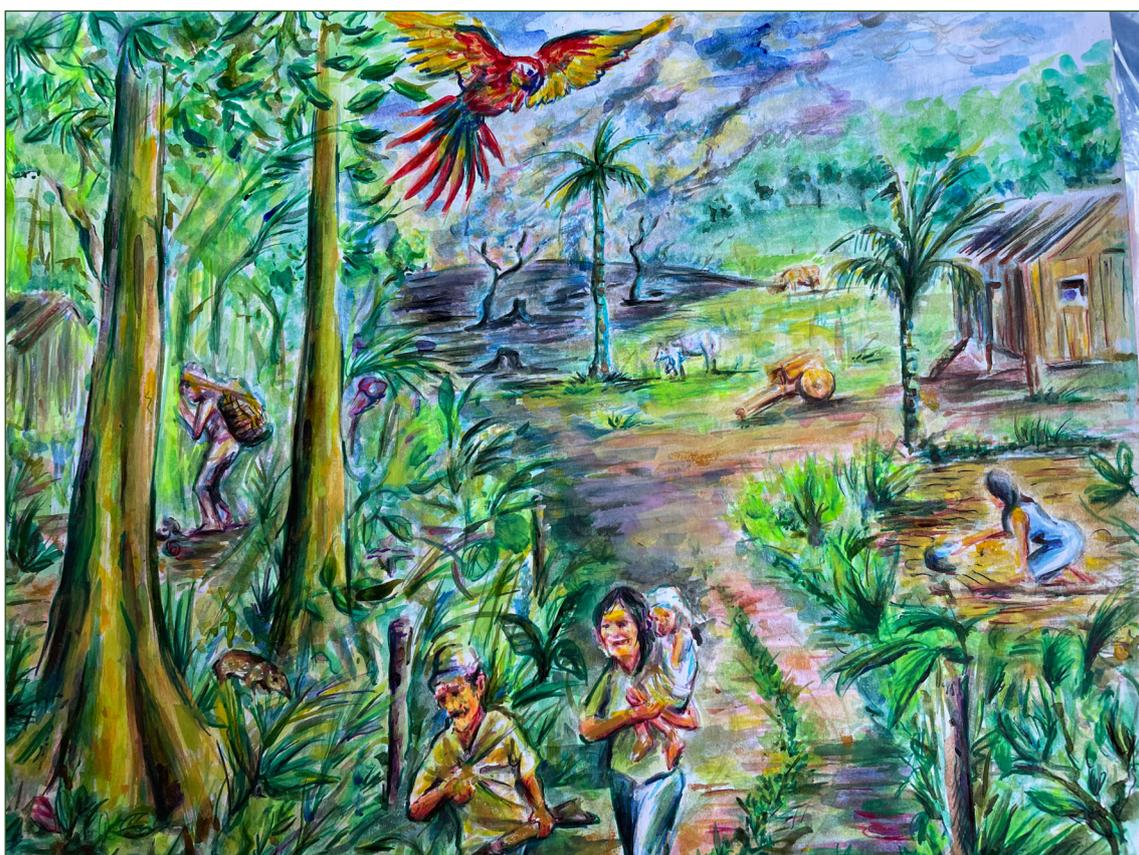
Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 195-205, 2009.

SUDENE. Resolução CONDEL/SUDENE nº 150, de 13 de dezembro de 2021.

UNITED NATIONS. **United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa**. 1994.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. "Núcleos de Desertificação no Polígono das Secas". In: **Anais do ICB**. Recife-PE: Universidade Federal de Pernambuco, 1971, p. 69-73.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Desertificação no Nordeste do Brasil**. Recife, Editora Universitária, 2002. 127 p.



Autor: © Mardilson Torres (Bujari-Acre-BR)