



## AS FLORESTAS SECAS DO SETOR MERIDIONAL DA SERRA DA IBIAPABA (PI/CE): SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E CONSERVAÇÃO

Alisson Medeiros de Oliveira  
Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Campus Crateús, Brasil  
[medeirosdeoliveiraalisson@gmail.com](mailto:medeirosdeoliveiraalisson@gmail.com)

Thais Menezes Lopes  
Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Campus Crateús, Brasil  
[thais.menezes.lopes61@aluno.ifce.edu.br](mailto:thais.menezes.lopes61@aluno.ifce.edu.br)

Maria Lúcia Brito da Cruz  
Universidade Estadual do Ceará (UECE), Campus Itaperi/Fortaleza, Brasil.  
[lucia.cruz@uece.br](mailto:lucia.cruz@uece.br)

Diógenes Félix da Silva Costa  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) Brasil  
[diogenes.costa@ufrn.br](mailto:diogenes.costa@ufrn.br)

**RESUMO** O bioma Caatinga apresenta fisionomias florestais que são taxonomicamente enquadradas como Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS). As florestas secas da Caatinga desempenham importantes serviços ecossistêmicos para as comunidades, mas apresentam menos de 2% de áreas protegidas de forma integral. O objetivo principal desse artigo é investigar as pressões que as FTSS do setor meridional do glint da Ibiapaba sofrem, quantificar suas emissões e capturas anuais de CO<sub>2</sub>. Os procedimentos ocorreram em 03 etapas: 1) Seleção e organização dos arquivos de variáveis ambientais; 2) Tratamento dos dados; e 3) análise estatística e discussão. De 2001 a 2022, foram perdidos ou convertidos em outras fisionomias cerca de 7,58 mil ha; a média de emissões foi de 108 ktCO<sub>2</sub>eyr<sup>-1</sup>, e foi registrado remoção líquida de -240 ktCO<sub>2</sub>eyr<sup>-1</sup> da atmosfera. Os resultados apontam que a abordagem dos serviços ecossistêmicos endossa os apelos conservacionistas das florestas da área de estudo.

Palavras-chave: Caatinga, FTSS, Remoção de CO<sub>2</sub>e, Serviço ecossistêmico.

## THE DRY FORESTS OF THE SOUTHERN SECTOR OF THE IBIAPABA MOUNTAIN RANGE (PI/CE): ECOSYSTEM SERVICES AND CONSERVATION

**ABSTRACT** – The Caatinga biome presents forest physiognomies that are taxonomically framed as Seasonally Dry Tropical Forests (FTSS). The dry forests of the Caatinga perform important ecosystem services for the communities, but have less than 2% of fully protected areas. The main objective of this article is to investigate the pressures that the FTSS of the southern sector of the glint of Ibiapaba suffer, to quantify their annual CO<sub>2</sub> emissions and captures. The procedures took place in 03 stages: 1) Selection and organization of the files of environmental variables; 2) Data processing; and 3) statistical analysis and discussion. From 2001 to 2022, around 7.58 thousand ha were lost or converted into other physiognomies; the average emissions were 108 ktCO<sub>2</sub>eyr<sup>-1</sup>, and a net removal of -240 ktCO<sub>2</sub>eyr<sup>-1</sup> from the atmosphere was recorded. The results indicate that the ecosystem services approach endorses the conservationist appeals of the forests in the study area.

Keywords: Caatinga; SDTF; CO<sub>2</sub>e removal; Ecosystem service.

## INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga apresenta fisionomias florestais que são taxonomicamente enquadradas como Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) ou simplesmente florestas secas (FERNANDES e QUEIROZ, 2018; OLIVEIRA et al., 2018). Atualmente, essas fisionomias florestais estão normalmente distribuídas em encostas e cimeiras das serras do semiárido (“serra” é um termo popular para se referir aos sobressaltos topográficos presentes no relevo recoberto pela Caatinga), contudo, essa distribuição é influenciada sobretudo pelos mais de 300 anos de uso dos recursos lenhosos do bioma na superfície sertaneja (FERNANDES e QUEIROZ, 2018; OLIVEIRA et al., 2018; SANTOS et al., 2022; SILVA et al., 2022; SOUSA, 2023).

As FTSS de Caatinga apresentam a maior biodiversidade dentre as florestas secas do mundo, onde ocorrem 3.150 espécies (dessas, 23% são endêmicas), distribuídas em 950 gêneros e 152 famílias de angiospermas (FERNANDES e QUEIROZ, 2018). As florestas secas de Caatinga desempenham importantes serviços ecossistêmicos para as comunidades, mas apresentam menos de 2% de áreas protegida de forma integral (FERNANDES e QUEIROZ, 2018; OLIVEIRA, 2019; COSTA et al., 2021). Dessa forma, os serviços prestados encontram-se seriamente ameaçados.

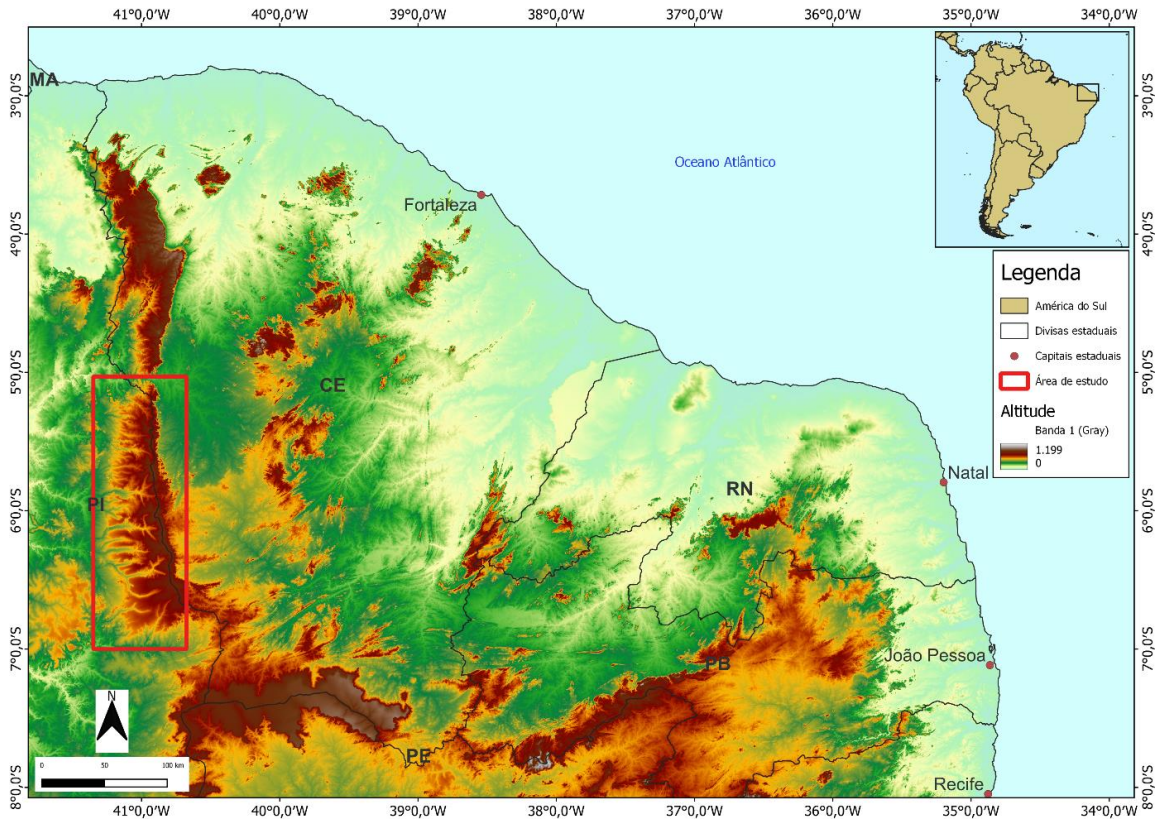
Dentre as serras do semiárido parcialmente recobertas por florestas secas, destaca-se o glint da Ibiapaba (PI/CE), a qual é uma das mais importantes estruturas do relevo do Nordeste setentrional, sendo particionada pelo boqueirão do rio Poti (CLAUDINO-SALES, 2016; CLAUDINO-SALES, 2018). Logo nessa área, as florestas secas estão distribuídas principalmente nas encostas e reverso imediato (exceto no setor setentrional do glint, onde há fragmentos de florestas úmidas) (FIGUEIREDO, 1997; MORO et al., 2015). Atualmente as FTSS do glint da Ibiapaba sofrem diversas pressões dos vetores de desflorestamento (LIMA et al., 2022).

Diante do cenário de pressões sobre as florestas secas supracitadas alguns questionamentos surgiram, dentre eles: diante da urgência das mudanças climáticas, de que formas a FTSS do glint da Ibiapaba pode contribuir para a manutenção das condições climáticas/atmosféricas? Assim, nossa hipótese é a de que mesmo sob forte pressão de vetores de desflorestamento, as florestas secas desempenham importantes serviços ecossistêmicos na forma de sumidouros de dióxidos de carbono (CO<sub>2</sub>). Portanto, o objetivo principal desse artigo é investigar as pressões que a FTSS do setor meridional do glint da Ibiapaba sofre e quantificar suas emissões e capturas anuais de CO<sub>2</sub>.

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada entre os estados do Piauí e do Ceará, região Nordeste do Brasil, nas seguintes coordenadas do polígono: -41.348860/ -7, -40.674231/ -7, -40.674231/ -5.029052, -41.348860/ -5.029052 (Figura 1), abrangendo aproximadamente 1.628.411 hectares. Trata-se do setor meridional do glint da Ibiapaba (doravante chamado de setor meridional da serra da Ibiapaba), uma das principais estruturas do relevo do Nordeste setentrional (CLAUDINO-SALES, 2016; CLAUDINO-SALES, 2018).

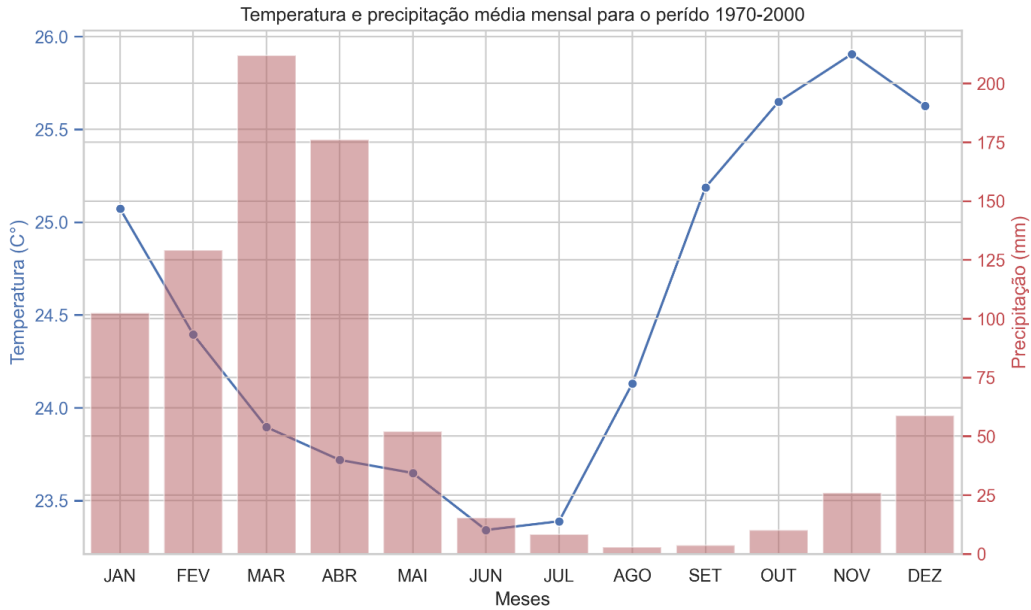
Figura 1. Localização do setor meridional da serra da Ibiapaba (PI/CE).



Fonte: Os autores (2023).

O embasamento rochoso da área de estudo é composto por rochas sedimentares da bacia sedimentar do Parnaíba (sobretudo no reverso) e por rochas cristalinas da província da Borborema, que compõem os terrenos rebaixados da superfície sertaneja e superfícies elevadas (encostas) logo abaixo da cornija (HASUI et al., 2012; CLAUDINO-SALES, 2018). O setor meridional da serra da Ibiapaba é amplamente classificado como um glint, já que é uma estrutura escarpada acinal onde a escarpa de litologia sedimentar é sustentada por um embasamento cristalino subjacente (CLAUDINO-SALES, 2016; CLAUDINO-SALES, 2018). Do ponto de vista climatológico, a área de estudo está submetida ao clima semiárido, e apresenta totais pluviométricos anuais de 812,4 mm, e temperatura média mensal de 24,6°C (totais anuais e médias mensais considerando o período de 1970-2000, conforme climograma da área de estudo - figura 2). Os principais processos atmosféricos geradores de chuvas para a área são: Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (de fevereiro a maio) e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis - VCANs (de dezembro a janeiro).

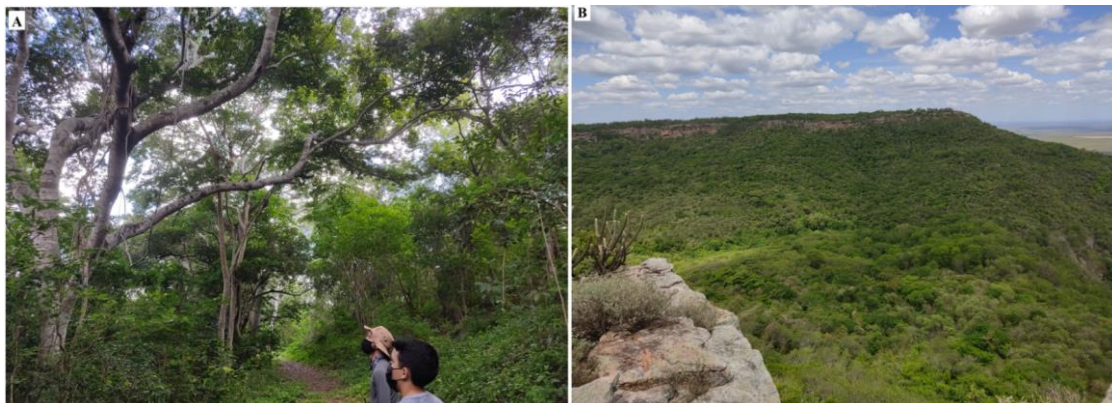
**Figura 2.** Climograma do setor meridional da serra da Ibiapaba (PI/CE).



Fonte: WorldClim versão 2.1 (FICK e HIJMANS, 2017).

Os solos da área de estudo pertencem às ordens Neossolos, Luvisolos e Planossolos na superfície sertaneja, e Neossolos e Argissolos no reverso do glint (GEOINFO, 2023). A cobertura vegetal da área de estudo é classificada, de acordo com Figueiredo (1997) e Moro et al. (2015), do ponto de vista florístico e fisionômico, em três classes: Caatinga do cristalino (distribuída principalmente na superfície sertaneja), Mata seca (com distribuição nas escarpas e no reverso imediato do glint) e Caatinga do sedimentar (preferencialmente reverso do glint e em terrenos de rochas sedimentares). Para esta pesquisa, optou-se por estudar fragmentos de florestas secas cuja densidade da copa da cobertura da árvore fosse maior do que 50% (segundo o modelo de Hansen et al. 2013). Dessa forma, o que se considerou floresta seca, nos termos citados, é equivalente a classe “Mata seca” dos estudos de Figueiredo (1997) e Moro et al. (2015). A Figura 3 mostra as fisionomias de floresta seca da área de estudo.

**Figura 3.** A: Fisionomia de floresta seca (Mata Seca) na RPPN Serra das Almas (PI/CE). B: Floresta seca nas escarpas do glint no município de Crateús-CE.



Fonte: Os autores (2023).

## METODOLOGIA

Os procedimentos para coleta, análise e discussão dos dados foram organizados em 03 etapas: 1) Seleção e organização dos arquivos de variáveis ambientais (dados climáticos históricos), dados referentes a perda/mudança de cobertura florestal (perdas por desflorestamentos e por queimadas); e informações referentes a alerta de queimadas para a área de estudo; 2) Tratamento dos dados; e 3) análise estatística e discussão.

A primeira etapa consistiu na seleção e organização dos arquivos de variáveis ambientais. Os dados climáticos históricos para 1970-2000 no formato raster foram adquiridos gratuitamente junto ao WorldClim versão 2.1 (FICK e HIJMANS, 2017). As camadas usadas neste estudo foram: temperatura média (°C) e precipitação (mm), ambos em resoluções espaciais de 30 segundos (~1 km<sup>2</sup>).

Já os dados de perda/mudança de cobertura florestal entre 2000 e 2022 (para densidade da copa da cobertura da árvore > 50%) foram obtidos gratuitamente no Global Forest Watch (2023), que forneceu os quantitativos de perdas com base nos modelos de Hansen et al. (2013). Arquivos usados: “Hansen\_GFC-2022-v1.10\_lossyear\_00N\_050W.tif” e “Hansen\_GFC-2022-v1.10\_treecover2000\_00N\_050W.tif”. Foram adquiridos no Global Forest Watch (2023) dados de emissões e de remoções de quilotoneladas de dióxido de carbono equivalente por ano (ktCO<sub>2e</sub> yr<sup>-1</sup>) para a área de estudo. Os dados advêm dos modelos de Haris et al. (2021).

Para fins de representação gráfica de perda/mudança de cobertura florestal entre 2000 e 2022 (para densidade da copa da cobertura da árvore > 50%), foram adquiridos arquivos rasters open access de perda/mudança florestal no laboratório Global Land Analysis and Discovery (GLAD) da Universidade de Maryland. Por fim, dados de alertas semanais de incêndios para o período de 2012 a 2022 foram adquiridos open access no Global Forest Watch, que forneceu os quantitativos com base nos registros VIIRS Fire Data: NASA FIRMS, VIIRS alerts (foram selecionados somente os alertas com classificação "h" - high (alto), que indica alta confiança nos dados apresentados). Para mais detalhes e links de acesso aos arquivos baixados, os scripts no arquivo .ipynb estão disponíveis em: ([https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1gmN1\\_hz0gYpBaL22IrCvXp\\_BUNbVVO3j](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1gmN1_hz0gYpBaL22IrCvXp_BUNbVVO3j)) (na pasta, acesse o arquivo “FS\_Ibiapaba (1).ipynb” - ver seção 02 para dados WorldClim; e seção 05 para dados obtidos no Global Forest Watch e GLAD).

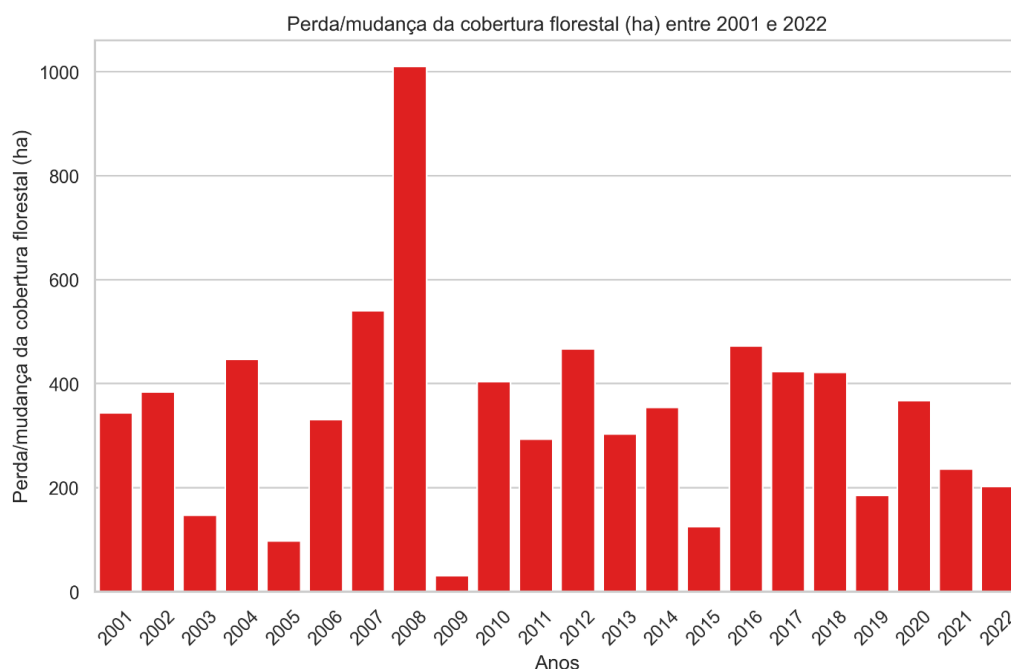
Na etapa 02 procedeu-se com o tratamento dos arquivos rasters (recortes para a área de estudo – ver, no arquivo .ipynb, seção 02 para arquivos WorldClim e seção 05 para arquivos referentes a perda/mudança de cobertura florestal e planilhas .csv - organização e edição dos dataframes com a biblioteca da linguagem de programação python Pandas – ver seção 05). Posteriormente, foram feitas análises estatísticas descritivas (geração de gráficos de barras e boxplot) e inferenciais (análise da normalidade, correlação e regressão linear dos dados) (para mais detalhes, ver seção 05). Por fim, para a espacialização e representações dos dados, foi utilizado o software QGIS 3.22 Białowieża (QGIS TEAM, 2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Pressões sobre a FTSS do setor meridional da serra da Ibiapaba

No ano 2000, a floresta seca, nos termos e definições dessa pesquisa, representava cerca de 4% da cobertura vegetal da área estudada, o que equivale a aproximadamente 65,5 mil hectares. Segundo o modelo de Hansen et al. (2013) para perda/mudança da cobertura vegetal, no setor meridional da serra da Ibiapaba, de 2001 a 2022, foram perdidos ou convertidos em outras fisionomias cerca de 7,58 mil ha (±12% do total registrado para o ano 2000). O ano com maior percentual de perdas/mudanças foi o de 2008, com 1,01 mil ha, e o ano com menor perda/mudança foi o ano seguinte, o de 2009, com aproximadamente 31 ha. A seguir, a figura 4 dispõe um gráfico de barras com as perdas/mudanças anuais para o intervalo de 2001 a 2022.

**Figura 4.** Perdas/mudanças anuais da cobertura florestal no setor meridional da serra da Ibiapaba (PI/CE).



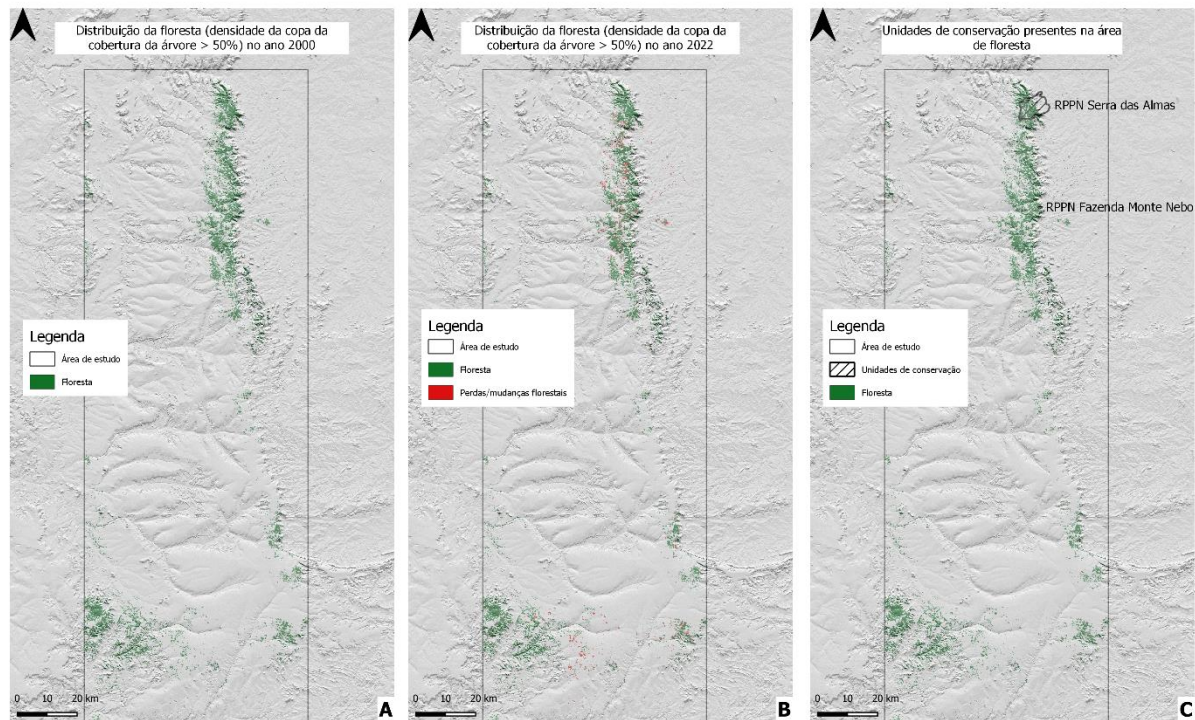
**Fonte:** Adaptado de Hansen et al. (2013) e Global Forest Watch (2023).

As florestas secas na área de estudo distribuem-se preferencialmente nas escarpas e no reverso imediato do glint à leste (figura 5A) (o mesmo padrão observado para “Mata seca” em Moro et al. (2015)) e sudoeste da área da área de estudo. Dessa forma, as perdas/mudanças mais perceptíveis de área florestal aconteceram no leste da área de estudo (escarpas e no reverso imediato do glint) e no Sudoeste (figura 5B). Do ponto de vista conservacionista, as florestas secas do perímetro estudado contam com apenas 2 unidades de conservação (UCs) de uso sustentável: A RPPN Serra das Almas (PI/CE) e a RPPN Fazenda Monte Nebo (CE) (figura 5C).

As perdas/mudanças podem estar relacionadas a alguns fatores intrínsecos do semiárido brasileiro, tais como atividades agropecuárias (principalmente corte-e-queima), variabilidade interanual das precipitações, principalmente eventos de “seca”; atividades de mineração e proximidade de centros urbanos (SANTOS et al., 2022; SILVA et al., 2022; SOUSA, 2023). A modelagem de Hansen et al. (2013) não deixa claro as forças motrizes de perda/mudanças florestais, o que dificulta análises e interpretações estatísticas mais acuradas. Neste contexto, Curtis et al. (2018), com base nos dados de Hansen et al. (2013), modelaram os principais fatores de perdas/mudanças. Para o Nordeste do Brasil, o principal fator apontado foi a agricultura itinerante (CURTIS et al., 2018); essa informação encontra lastro em estudos feitos para o bioma Caatinga (e.g. SILVA et al., 2022) e estudos regionalizados (SANTOS et al., 2022).

Na área de estudo, um cruzamento de bases de dados de emissões de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) (HARIS et al., 2021) e de forças motrizes de perda/mudanças florestais (CURTIS et al., 2018) apontaram a agricultura itinerante como principal força motriz de emissões de CO<sub>2</sub>e (GLOBAL FOREST WATCH, 2023), ao que se pode inferir também como o principal fator de desflorestamento. Além da agricultura itinerante, faça-se menção como vetor de desflorestamento ao extrativismo vegetal sob forma de corte de lenha e produção de carvão na área de estudo (LIMA et al., 2022).

**Figura 5.** A: Distribuição da floresta no ano 2000; B: Distribuição da floresta em 2022; C: UCs em área de floresta.

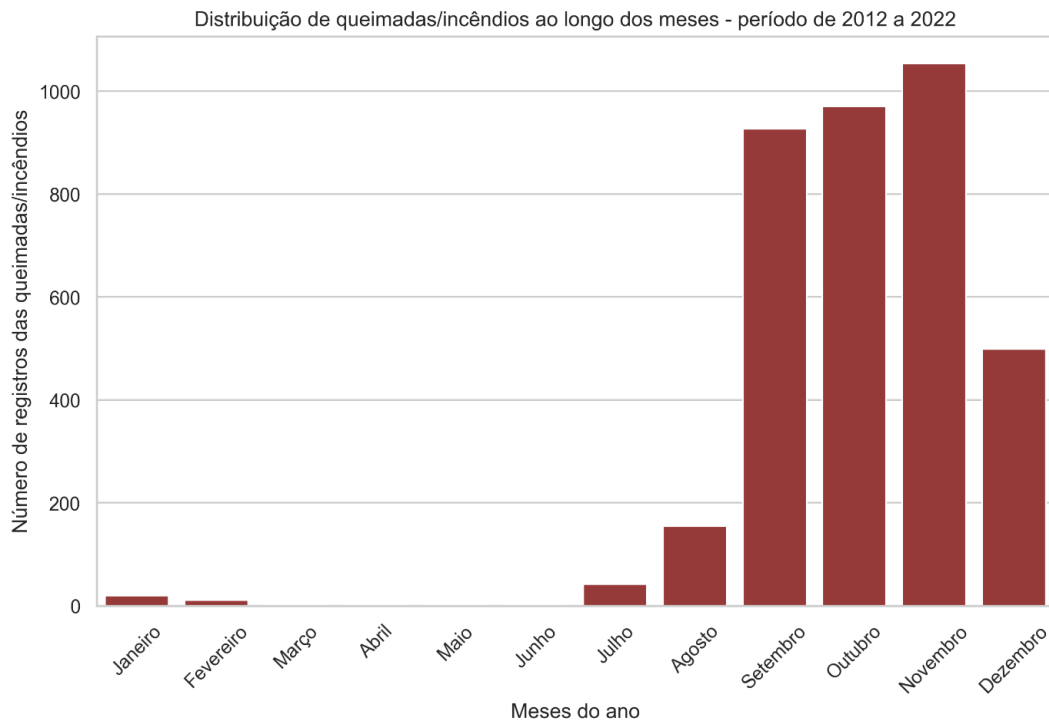


Fonte: Adaptado de Hansen et al. (2013).

Para o Nordeste do Brasil, a prática espalhada da agricultura itinerante (geralmente feita sob a forma de corte-e-queima) tem razões socioeconômicas e culturais (SANTOS et al., 2022; SILVA et al., 2022; SOUSA, 2023). Há evidências de que a agricultura itinerante (geralmente praticada no Nordeste do Brasil sob a forma de corte-e-queima) empobrecem os bancos de sementes das florestas secas para eventos de rebrotas, e é sugerida o abandono da prática acompanhada de apoio e incentivos governamentais para práticas sustentáveis (SOUSA, 2023). Do ponto de vista conservacionista, foi observado nos estudos de Santos et al. (2022) para o bioma Caatinga no estado do Piauí que o desflorestamento no entorno de UCs de proteção integral tendem a ser menores do que em unidades de conservação de uso sustentável. A área de floresta seca do perímetro estudado conta com apenas duas RPPNs (UCs de usos sustentável, as únicas na área) e nenhuma UC de proteção integral (ver figura 5C).

A interpretação de que as perdas/mudanças florestais também foram provocadas por desflorestamento encontra embasamento na ocorrência de queimadas/incêndios na área estudada. Entre janeiro de 2012 e dezembro de 2022 foram registrados 3683 alertas de queimadas/incêndios, uma média de 14,7 alertas por semana. No período de 2012 a 2022, os alertas concentraram-se entre os meses de setembro e dezembro, período em que as condições climáticas da área são mais quentes e secos (ver climograma da figura 2). O mês de novembro registra o ápice de alertas, e a semana com o maior número de alertas de queimadas/incêndios (144 registros) foi registrado em novembro de 2019. A seguir, a figura 6 mostra um gráfico de distribuição de queimadas/incêndios por mês. Tyukavina et al. (2022) modelaram tendências globais de perdas florestais devido a incêndios, e com base nesse modelo, a área de estudo teve perdas relacionadas a queimadas/incêndios.

**Figura 6.** Número de alertas mensais de queimadas/incêndios entre 2012 e 2022.



**Fonte:** Adaptado de Global Forest Watch (2023).

Embora haja um padrão de ocorrência de queimadas/incêndios em períodos secos do ano, não há evidências que nos permita correlacionar causa/consequência entre os eventos de seca e o desflorestamento anual para as florestas secas da área de estudo. Uma análise de tendência de precipitações no estado do Ceará entre 1974 e 2016 feita por Hiera et al. (2019) mostrou que a precipitação anual acumulada no ano de 2008 no município de Tauá (município pesquisado mais próximo da área de estudo) foi um dos anos mais chuvosos do período 2001-2022 (acumulado de quase 800 mm), e foi este o ano com maior percentual de desflorestamento. O ano de 2009 (menor registro percentual de desflorestamento da série) foi o segundo mais chuvoso da série, com um acumulado de mais aproximado de 600 mm (HIERA et al., 2019).

Para o semiárido do Brasil, ao se comparar os intervalos de anos de 2003 a 2011 e de 2012 a 2016, observa-se que o período de anos entre 2003 e 2011 foram de anos com precipitações abaixo da média ou na média, contudo, mais chuvosos que o segundo período (2012 a 2016), sendo considerado em alguns estudos como período chuvoso (COSTA et al., 2015; HIERA et al., 2019). Observou-se que o evento de seca de 2012 a 2016 não gerou médias desflorestamentos maiores do que o intervalo de anos de 2003 a 2011 para a área de estudo. Comparando as médias anuais de desflorestamentos dos dois períodos, o intervalo mais chuvoso (2003 a 2011) apresentou média de  $\pm 366$  ha, ao passo que a seca de 2012 a 2016 apresentou média de  $\pm 344$  ha (ver figura 4).

### Serviço ecossistêmico de regulação e manutenção das condições atmosféricas das Florestas Secas do setor Meridional da Serra da Ibiapaba

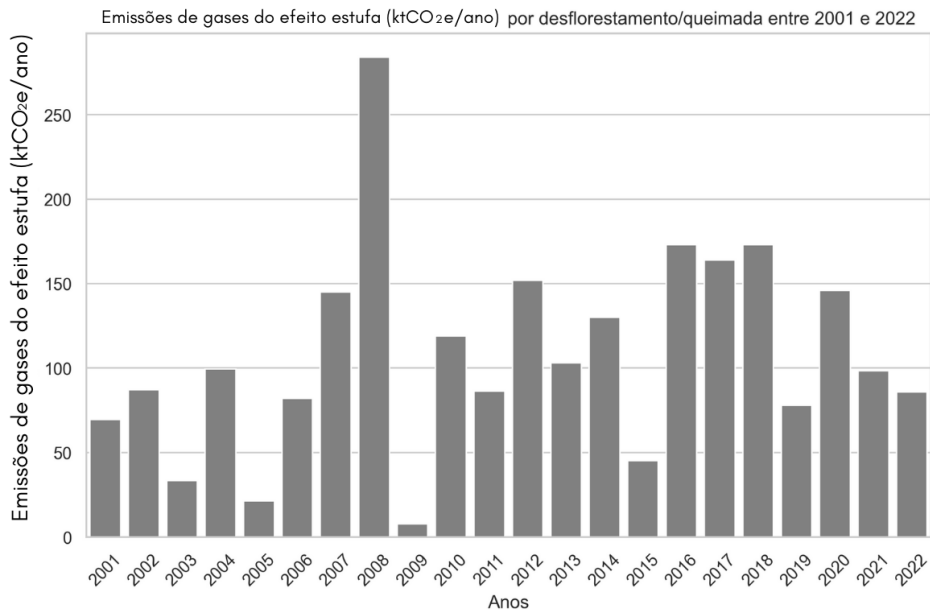
As florestas secas prestam importantes serviços ecossistêmicos (e.g. OLIVEIRA, 2019; COSTA et al., 2021), e um desses relevantes serviços é a regulação e manutenção das condições atmosféricas (CICES, 2023). Devido ao desflorestamento ocorrido entre 2001 e 2022 na área de estudo, as emissões de dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) alcançaram uma média de  $108 \text{ ktCO}_2\text{e yr}^{-1}$ . Neste período, os anos com maiores percentuais de perdas/mudanças florestais também foram os



anos com maiores emissões de CO<sub>2</sub>e, e isso acontece devido ao fato de que os modelos de Haris et al. (2021) são baseados nos modelos de perdas/mudanças florestais de Hansen et al. (2013). A seguir, a figura 7 mostra as emissões anuais de ktCO<sub>2</sub>e yr<sup>-1</sup> para a área de estudo.

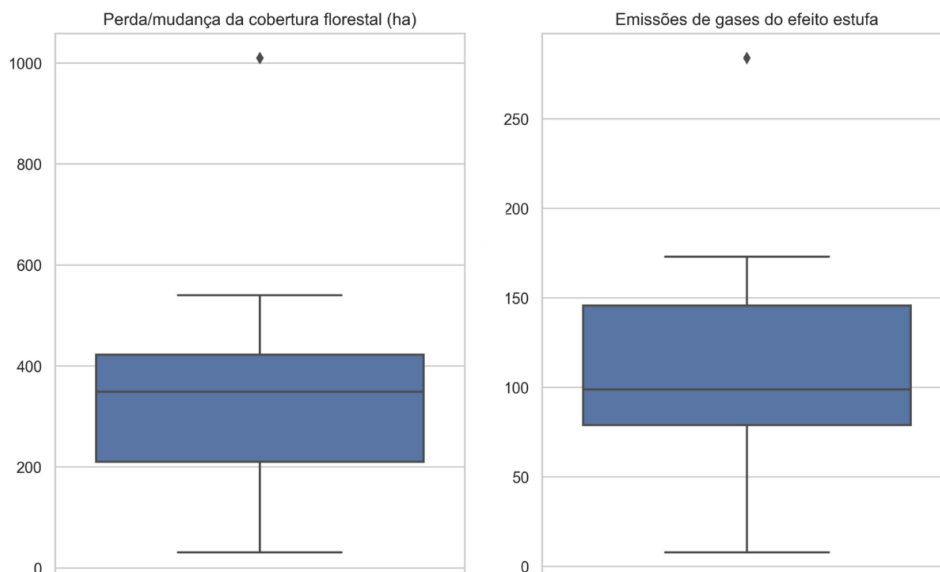
Por sua vez, a figura 8 expõe um gráfico boxplot que mostra a distribuição de dados de emissões de dióxido de carbono equivalente (HARIS et al., 2021) com a distribuição de dados de perdas/mudanças florestais (HANSEN et al., 2013). Neste cenário, verificou-se que os outliers observados são referentes ao mesmo ano: 2008, ano de maiores perdas/mudanças florestais e de emissões de CO<sub>2</sub>e.

**Figura 7.** Emissões anuais de ktCO<sub>2</sub>e para o período de 2001 e 2022.



Fonte: Adaptado de Global Forest Watch (2023) e Haris et al (2021).

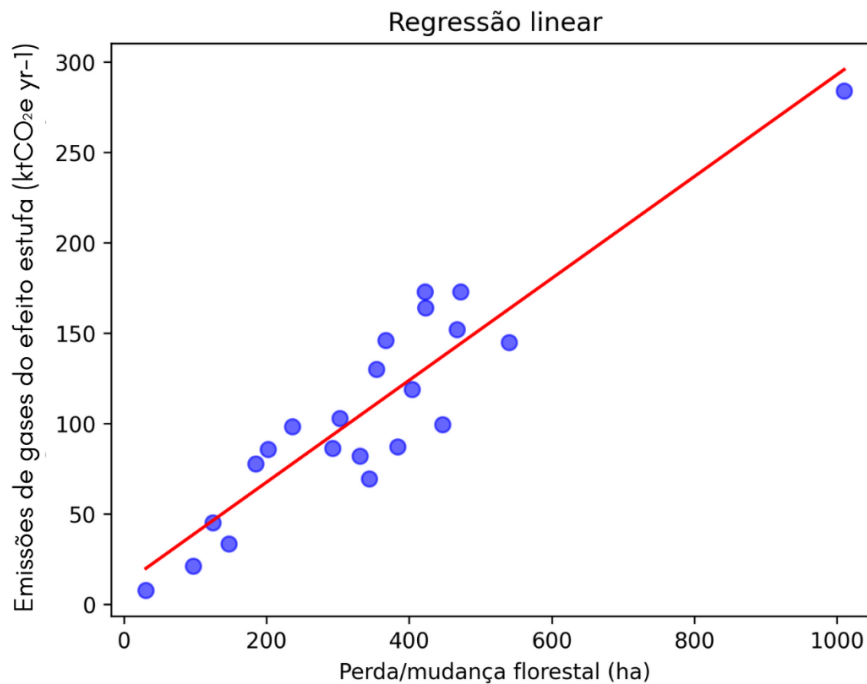
**Figura 8.** Gráfico boxplot de distribuição dos dados de perdas/mudanças florestais e emissões anuais ktCO<sub>2</sub>e para o período de 2001 e 2022.



Fonte: Os autores (2023).

Os dados apresentaram correlação “muito forte” de acordo com o coeficiente de correlação de Pearson ( $r = 0,921101$ ), e correlação “forte” segundo o coeficiente de correlação de Spearman ( $\rho = 0,879413$ ). Essa correlação muito forte pode ser aferida na regressão linear entre essas variáveis (figura 9), na qual os valores não se dispersaram para longe da reta de regressão. Para validar a regressão, foi feita uma análise de distribuição normal dos resíduos da regressão, e verificou-se uma distribuição normal nos testes de Shapiro-Wilk ( $p = 0,563 > \text{que } 0,05$ ), Lilliefors (Kolmogorov/Sminorv) ( $p = 0,696 > 0,05$ ) e Anderson-Darling ( $p = 0,817 > 0,05$ ).

**Figura 9.** Regressão linear entre as variáveis perdas/mudanças florestais e emissões anuais ktCO<sub>2</sub>e para o período de 2001 e 2022.



**Fonte:** Os autores (2023).

Em nosso modelo de regressão linear simples, observou-se que há uma relação positiva entre desflorestamentos e emissões de CO<sub>2</sub>e, e com base nessa informação, enseja-se a intensificação de medidas a apoios ao uso inteligentes dos recursos lenhosos da floresta seca do setor meridional da serra da Ibiapaba. Apesar da média de emissões de 108 ktCO<sub>2</sub>e yr<sup>-1</sup>, as florestas secas do setor meridional da serra da Ibiapaba removeram, no mesmo período, cerca de -348 ktCO<sub>2</sub>e yr<sup>-1</sup>, o que significa uma remoção líquida de -240 ktCO<sub>2</sub>e yr<sup>-1</sup> da atmosfera.

Diversos modelos de sequestro de carbono por florestas secas de Caatinga foram feitos (e.g. OLIVEIRA et al., 2021), e muitos apontam uma sazonalidade na captura de CO<sub>2</sub>, sendo que as maiores cifras são registradas no período chuvoso (e.g. SOUSA VIEIRA, 2022). Dessa forma, as florestas secas da Caatinga e da área de estudo prestam um relevante serviço ecossistêmico de regulação e manutenção das condições atmosféricas de acordo com nossos dados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com nossos dados e análises, as florestas secas do setor meridional da serra da Ibiapaba precisam de mais ações conservacionistas para assegurar o importante serviço ecossistêmico de regulação e manutenção das condições atmosféricas. Alerta-se para o fato de que as remoções

líquidas de CO<sub>2</sub> e são um importante argumento para a intensificação de políticas conservacionistas na área de estudo, e não somente o desflorestamento.

Os vetores de desflorestamento das florestas secas precisam ser melhor investigados. Apesar de as evidências apontarem a agricultura itinerantes como principal força motriz, se faz necessário analisar essa informação com bases de dados socioeconômicas e índices de desenvolvimento, como o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). Além disso, questões como o abandono da zona rural devem ser investigados como uma força motriz de diminuição do desflorestamento.

Considerou-se o uso das bases de dados de desflorestamentos como muito úteis para nortear a gestão ambiental em áreas de florestas secas. Nossos resultados apontam que a abordagem dos serviços ecossistêmicos endossa os apelos conservacionistas das florestas da área de estudo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFCE pela concessão de afastamento para o docente Alisson Medeiros de Oliveira, e pelos incentivos dados a discente Thais Menezes Lopes; à coordenação LABGEO/UECE pelas considerações e contribuições neste trabalho; ao coordenador do TRÓPIKOS/UFRN pelas considerações e contribuições neste trabalho; ao PROPGEIO/UECE pela ajuda de custo.

## REFERÊNCIAS

CLAUDINO-SALES, V. Megageomorfologia do Estado do Ceará: história da paisagem geomorfológica. Novas Edições Acadêmicas, 2016. 59 p.

CLAUDINO-SALES, V. Megageomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro. Revista de Geografia (Recife), v. 35, n. 4, p. 442-454, 2018.

CICES. Structure of CICES. Disponível em: <<https://cices.eu/cices-structure/>>. Acesso em: 12 ago. 2023.

COSTA, M.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 08, n. 05, p. 1321-1334, 2015.

COSTA, T.L.D.S.R.; MAZZOCHINI, G.G.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GANADE, G.; CARVALHO, A.R.; MANHÃES, A.P. Priority areas for restoring ecosystem services to enhance human well-being in a dry forest. Restoration Ecology, v.29, n. 7, pp. e13426, 2021.

CURTIS, P. G.; SLAY, C. M.; HARRIS, N. L.; TYUKAVINA, A.; HANSEN, M. C. Classifying drivers of global forest loss. Science, v. 361, n. 6407, p. 1108-1111, 2018.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. Ciência e Cultura, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: New 1-km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas. International Journal of Climatology, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.

FIGUEIREDO, M.A. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas). In: Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará; IPLANCE, Fortaleza, 1997.

Global Watch Forest. Monitoramento e Análise da Cobertura Florestal Global. Disponível em: <<https://www.globalwatchforest.com/>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

GEOINFO – EMBRAPA. Mapa de solos do Brasil. Disponível em: <[http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3ABrasil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3ABrasil_solos_5m_20201104)>. Acesso em: 12 ago. 2023.

HASUI, Y., CARNEIRO, C. D. R., DE ALMEIDA, F. F. M., & BARTORELLI, A. (Ed.). Geologia do Brasil. 2012.

HANSEN, M. C., P. V. POTAPOV, R. MOORE, M. HANCHER, S. A. TURUBANOVA, A. TYUKAVINA, D. THAU, S. V. STEHMAN, S. J. GOETZ, T. R. LOVELAND, A. KOMMAREDDY,

A. EGOROV, L. CHINI, C. O. JUSTICE, AND J. R. G. TOWNSHEND. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, v. 342, n. 6158, p. 850-853, 2013.

HIERA, M. D.; CLIMA JÚNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E. Tendência da precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 24, n. 15, p. 300-321, jan./jun. 2019.

HARRIS, N. L.; GIBBS, D. A.; BACCINI, A.; BIRDSEY, R. A.; DE BRUIN, S.; FARINA, M.; FATOYINBO, L.; HANSEN, M. C.; HEROLD, M.; HOUGHTON, R. A.; POTAPOV, P. V.; REQUENA SUAREZ, D.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S. S.; SLAY, C. M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nature Climate Change*, v. 11, p. 234-240, 2021.

LIMA, S. S.; CORDEIRO, J. L. P.; TEIXEIRA, L. P.; MAIA, R. P.; SILVA, M. V. C.; MORO, MARCELO F. Caracterização geográfica e dinâmica de uso da terra da Ibiapaba e seu entorno, Domínio Fitogeográfico da Caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.15, n. 5, p. 2500-2524, 2022.

MORO, M. F., MACEDO, M. B., MOURA-FÉ, M. M. D., CASTRO, A. S. F., COSTA, R. C. D. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. *Rodriguésia*, v. 66, p. 717-743, 2015.

OLIVEIRA, A. M.; AMORIM, R. F.; COSTA, D. F.S. Implicações das oscilações climáticas do Quaternário tardio na evolução da fisionomia da vegetação do semiárido do Nordeste Setentrional. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, p. 50-65, 2018.

OLIVEIRA, A. M. Serviços ecossistêmicos prestados pela cobertura vegetal na Serra de João do Vale (RN/PB). 2019. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

OLIVEIRA, C. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; LIMA, R. B.; SILVA, E. A.; SILVA, A. F.; LUCENA, J. D. S.; SANTOS, N. A. T.; LOPES, I. J. C.; PESSOA, M. M. L.; MELO, C. Laís S.-M. S. Modeling and spatialization of biomass and carbon stock using LiDAR metrics in Tropical Dry Forest, Brazil. *Forests*, v. 12, n. 4, p. 473, 2021.

QGIS TEAM, Q. D. QGIS Geographic Information System: Free Software Foundation. 2015. Disponível em: [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/download.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html)>. Acesso em: 28/04/2023.

SANTOS, R. A.; JUVANHOL, R. S.; AGUIAR, A. S. Tendential modeling of deforestation in Caatinga biome in Piauí State, Brazil. *Caminhos de Geografia, Uberlândia-MG*, v. 23, n. 88, p. 103-118, ago. 2022.

SOUSA, J. S. B. Agricultura de corte-e-queima e a regeneração da floresta seca da Caatinga: implicações para resiliência ecológica. 2023. 71 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Centro de Biociências. Universidade Federal de Pernambuco, 2023.

SOUSA VIEIRA, L. C.; SILVA FILHO, V. P.; ALMEIDA DANTAS, V.; SATYAMURTY, P; SÁ, A. S. Sazonalidade do sequestro e estoque de carbono na Caatinga, durante as estações seca e chuvosa. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 31, n. 18, p. 539-564, 2022.

SILVA, C. F. A.; SANTOS, A. M. D.; MELO, S. N.; RUDKE, A. P.; ALMEIDA JUNIOR, P. M. Spatial modelling of deforestation-related factors in the Brazilian semi-arid biome. *International Journal of Environmental Studies*, v. 80, n. 4, p. 1021-1040, jul. 2022.

TYUKAVINA, A.; POTAPOV, P.; HANSEN, M. C.; PICKENS, A. H.; STEHMAN, S. V.; TURUBANOVA, S.; PARKER, D.; ZALLES, V.; LIMA, A.; KOMMAREDDY, I.; SONG, X.-P.; WANG, L.; HARRIS, N. Global trends of forest loss due to fire from 2001 to 2019. *Frontiers in Remote Sensing*, v. 3, p. 825190, 2022.