

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TATIANA AYAKO TAURA

SUSCETIBILIDADE AO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DA
INCIDÊNCIA DE SECAS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO (2017-2021)

Curitiba

2022

TATIANA AYAKO TAURA

SUSCETIBILIDADE AO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DA
INCIDÊNCIA DE SECAS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO (2017-2021)

Artigo apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial à conclusão do Curso de MBA em Gestão Ambiental, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo
Coorientador: Dr. Iêdo Bezerra Sá

Curitiba
2022

Suscetibilidade ao processo de desertificação em função da incidência de secas no semiárido pernambucano (2017-2021)

Tatiana Ayako Taura

RESUMO

O semiárido pernambucano representa mais de 80% do estado e tem como característica regime de chuvas escassos, irregulares e concentrados em um curto período ao longo do ano, temperaturas médias altas, forte insolação, umidade relativa do ar médio em torno de 50% e uma evaporação alta. É caracterizada por apresentar áreas com solos rasos, com baixa capacidade de retenção de água e com limitações físicas e químicas além de já possuir áreas em processos erosivos. Grande parte do seu território está no bioma caatinga, uma vegetação adaptada ao clima semiárido e de fisionomias variadas. Seu principal uso é voltado para atividades agropastoris, atividades que demandam água para a sua produção. Diante dessas características/adversidades, o semiárido pernambucano apresenta ambientes com desequilíbrio e já em processo de degradação. Com o objetivo de contribuir às iniciativas de prevenção e combate à desertificação e de mitigação dos efeitos das secas, esse trabalho teve como objetivo propor um índice de suscetibilidade aos processos de desertificação em função da incidência de secas. A partir de dados de precipitação e incidência de seca de 2017 a 2021, foram analisados e espacialmente representados os índices de suscetibilidade à desertificação por meio de ferramentas de análise espacial e estatística. Os resultados mostram que 74,3% de sua área se encontra no nível moderado em relação a vulnerabilidade ao processo de desertificação considerando somente a variável incidência de seca, seguindo de 17,6 %, Severo e 8,1%, acentuado.

Palavras-chave: Desertificação; Semiárido; Pernambuco; Vulnerabilidade; Degradação; Incidência de seca.

ABSTRACT

The semi-arid region of Pernambuco represents more than 80% of the state and is characterized by scarce and irregular rainfall, concentrated in a short period throughout the year; high average temperatures, strong insolation, average relative humidity around 50%, and high evaporation. It is characterized by areas with shallow soils, low water retention capacity, and physical and chemical limitations, besides

already having areas in erosive processes. A large part of its territory is in the caatinga biome, a vegetation adapted to the semi-arid climate and with varied physiognomies. Its main use is for agricultural and cattle raising activities, activities that demand water for their production. Because of these characteristics/adversities, the semi-arid region of Pernambuco presents unbalanced environments already in the process of degradation. To contribute to the initiatives of prevention and combat of desertification and mitigation of the effects of droughts, this work aimed to propose an index of susceptibility to desertification processes as a function of the incidence of droughts. From precipitation and drought incidence data from 2017 to 2021, the desertification susceptibility indices were analyzed and spatially represented using spatial and statistical analysis tools. The results show that 74.3% of its area is at the moderate level regarding the vulnerability to the desertification process considering only the variable drought incidence, followed by 17.6 %, Severe, and 8.1%, accentuated.

Key-words: Desertification, Semi arid; Pernambuco State; Vulnerability; Environmental degradation; Incidence of drought.

1. INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente tem causado fortes impactos e produzindo não só a perda de recursos naturais, com a transformação ou a supressão dos ecossistemas naturais, mas também desestruturando bases produtivas locais e regionais. Quando se trata dos efeitos da desertificação, o estresse ambiental decorrente é potencializado, resultando em perda ecológica, falência das estruturas e das organizações sociais e migração. (SÁ, et al., 2020; SÁ, et al., 2014)

A desertificação, segundo a Convenção das Nações Unidas, é a degradação de terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 2007). Trata-se de um resultado da interação de diferentes e complexos fatores derivados das atividades humanas e das variações climáticas. Sua gravidade se expressa por meio da degradação conjunta de ativos ambientais, como solo, biodiversidade, recursos hídricos, clima e sua potencialização vem por meio das atividades humanas como: desmatamento, queimadas, uso intensivo do solo, práticas agrícolas inadequadas etc.

Em um ambiente, a principal característica da desertificação é a presença de áreas de solo expostos, e essa exposição de solo sem cobertura vegetal, torna o ambiente vulnerável podendo provocar a erosão. Essa característica é muito presente na região do semiárido brasileiro pois é caracterizada por apresentar áreas com solos rasos, com baixa capacidade de retenção de água e com limitações físicas e químicas. É uma região que apresenta condições climáticas adversas, com alta incidência de secas. Em relação ao uso do solo, muitas de suas atividades são voltadas para sistemas agropastoris. Nesses ambientes, se não for controlado, pode estar em um

processo de desertificação e seu grau de severidade vai depender do quanto ele se encontra vulnerável em relação a diferentes indicadores ambientais e sociais.

Um dos grandes desafios para o combate à desertificação é perceber, conhecer e aprimorar os estudos para se aproximar de um modelo que contemple a complexidade desse processo. A desertificação é um fenômeno de extraordinária complexidade ambiental e social. O número de indicadores e variáveis que intervêm dificultam uma visão conjunta que integre em sua devida medida a todos os elementos componentes (SÁ et al., 2013).

Segundo Mendes (1994), o desmatamento é a principal causa tanto da desertificação como da diminuição da biodiversidade. A retirada da cobertura vegetal elimina quase que totalmente a diversidade vegetal e reduz a animal pela alteração do habitat, além de desproteger o solo dos agentes erosivos (ventos e chuvas) e aumentar o albedo da área e a temperatura do solo, o que propicia a oxidação da sua matéria orgânica. O solo nu e desprotegido fica exposto às erosões eólica e hídrica, e arrastam as pequenas partículas (argila, silte e grânulos orgânicos), tornando-o menos fértil e com menor capacidade de armazenamento de água.

Qualquer que seja a situação, não se pode tratar os problemas do desgaste do solo independentemente da sua vinculação com a cobertura vegetal. Ou seja, para o controle do processo de desertificação, a cobertura vegetal é uma das formas de controlar o avanço. Se tratando do semiárido brasileiro que se encontra quase que na sua totalidade dentro do bioma caatinga na qual sua vegetação tem como característica mais seco e retorcida, ela não deixa de desempenhar o papel protetor do solo contra as intempéries, diminuindo a sua degradação (SÁ e al., 2009).

O estado de Pernambuco possui cerca de 80% do seu território sob a ação de clima semiárido e quase que na sua totalidade se encontra dentro do bioma caatinga. Com amplas repercussões ambientais, destacando-se: a escassez de água, solos rasos, baixa fertilidade agrícola, evapotranspiração elevada e áreas em processos de desertificação (SÁ et al., 2020).

Diversos esforços têm se realizado para combater ao processo de desertificação no estado. Dentre eles destaca-se o Programa de Ação Estadual de Pernambuco para o Combate à Desertificação e Mitigação aos Efeitos da Seca (PAE/PE). Esse programa possui uma programação efetiva e demandam de diversas instituições informações claras e atualizadas do grau de vulnerabilidade à desertificação do Estado para a construção de suas ações.

Para contribuir como base de conhecimento que viabilize as iniciativas de prevenção e combate à desertificação e de mitigação dos efeitos das secas desertificação, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) por meio da unidade descentralizada Semiárido com apoio da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade do estado de Pernambuco (SEMAS - PE) e financiamento Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) construiu um atlas cartográfico intitulado de Atlas Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco que por meio de mapas e informações, identificou o grau de suscetibilidade à desertificação em 2 indicadores biofísicos: cobertura vegetal e tipos de solo (SÁ et al., 2020).

Para apoiar essa base de conhecimento é necessário ampliar o estudo para outros indicadores: precipitação e incidência de seca que poderá servir como referência na continuidade dos estudos do processo de desertificação no estado.

A precipitação representa a fonte natural da água na superfície e o semiárido brasileiro é marcado historicamente por períodos de estiagem e pela irregularidade no regime pluviométrico. São períodos de estiagem intercalados com episódios de chuvas mais intensas que se concentram em 3 ou 4 meses e ocorrem em poucos dias do ano, acompanhado pelo intenso calor (SILVA et al., 2010). Os dados de precipitação são acompanhados pelas estações meteorológicas mantidas por instituições públicas ou privadas que alimentam as bases de dados. Esses dados remetem a uma característica presente quando se trata da precipitação é que há uma grande variabilidade espacial nos dados coletados por elas, que significa que mesmo estações meteorológicas muito próximas apresentam valores diferentes de chuvas e isso é observado ao longo dos anos (SILVA et al., 2010)

Esse trabalho tem como objetivo analisar os dados de precipitação e incidência de seca no semiárido pernambucano nos anos de 2017 a 2021 e por meio desses indicadores climáticos propor uma classificação do grau de suscetibilidade ao processo de desertificação na região.

O objetivo geral é propor o índice de suscetibilidade à desertificação em função da incidência de seca no semiárido pernambucano no período de 2017 a 2021.

Os objetivos específicos são:

- Analisar os dados de precipitação e incidência de secas do semiárido pernambucano;
- Construir mapas mensais da incidência de secas do semiárido pernambucano;
- Definir do nível de suscetibilidade a desertificação em função da incidência de seca com base nos dados de 2017 a 2021;
- Construir o mapa do índice da suscetibilidade em função da incidência de seca do semiárido pernambucano.

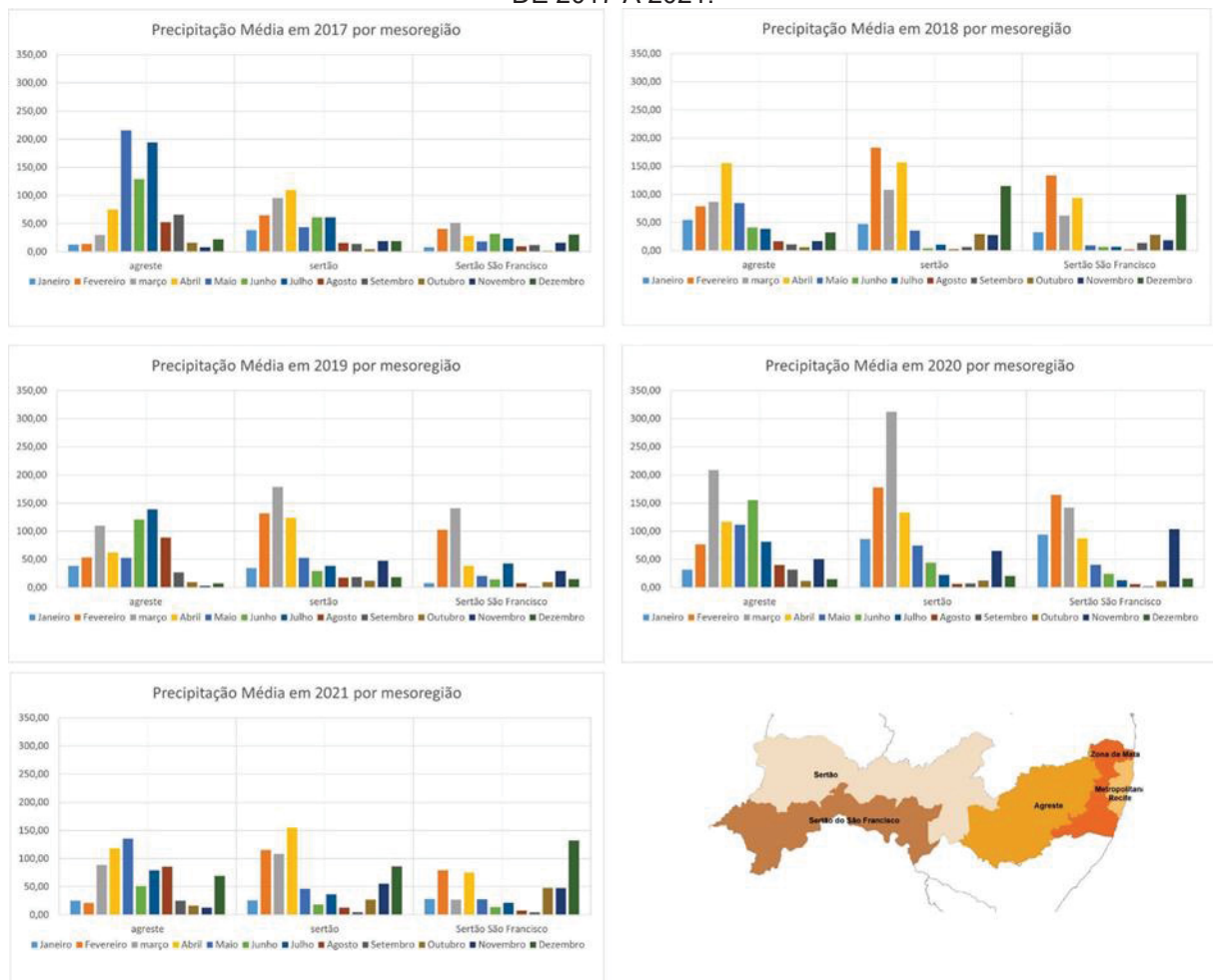
2. DESENVOLVIMENTO

Para a realização do trabalho foi utilizada a base cartográfica da delimitação do semiárido brasileiro publicado em 2021 pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021). Foi realizado o recorte para Pernambuco compondo uma região com 123 municípios que abrange as mesorregiões: agreste, sertão e sertão do São Francisco. Os dados temáticos foram dados precipitação mensal coletados pelas estações meteorológicas localizadas na região disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC, 2022). Para os dados de incidência de seca foram obtidos pelo Monitor de Secas (ANA, 2022) que disponibiliza a situação atual das secas por mês resultados do monitoramento de um grupo de instituições públicas que de forma colaborativa fornecem dados como: chuva, umidade do solo, nível de reservatórios etc. Para a

análise espacial dos dados e construção dos mapas, foram utilizadas as ferramentas de geoprocessamento disponíveis no software ArcGis 10.x da Esri.

Inicialmente foi analisado os dados de precipitações médias mensais de 163 estações meteorológicas distribuídas na área do estudo, sendo que 82 estações estão localizadas na região do agreste; 56, no sertão e 25, no sertão do São Francisco. Com base nessa análise, o período definido para esse estudo foi de 2017 a 2021. Nos gráficos (Gráfico 01) são representados dos dados médios mensais por ano e por mesorregião.

GRÁFICO 01: DADOS MENSAIS DA PRECIPITAÇÃO MÉDIAS NAS MESORREGIÕES DOS ANOS DE 2017 A 2021.



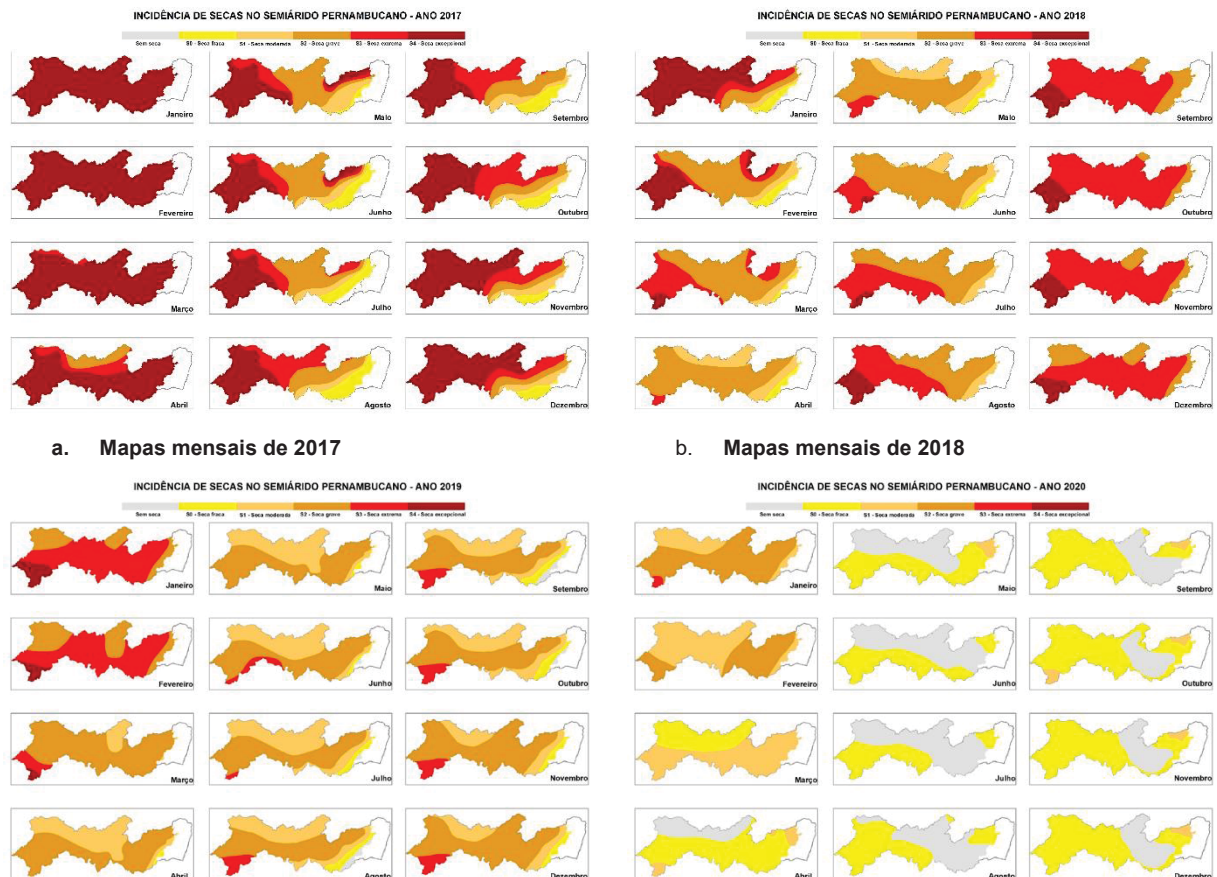
Com base nos dados de precipitações médias apresentados no Gráfico 1, o ano de 2017 foi considerado um ano seco, com pouca chuva para a região sertaneja com precipitações médias que não ultrapassaram 100mm no ano e a região sertaneja do São Francisco não ultrapassou 50mm por mês. A exceção ocorreu no agreste pernambucano para os meses maio, junho e julho com precipitações médias maiores de 150mm por mês. A partir de 2018 pode observar que as chuvas aumentaram para as 3 mesorregiões, principalmente nos primeiros meses do ano. A partir do mês de agosto até novembro, as chuvas se reduziram. O ano de 2020 foi o ano mais chuvoso e o ano de 2021 foi ao ano em que as chuvas ocorreram com mais frequência nos

meses nas regiões. Comparando as 3 mesorregiões, é possível observar que as chuvas reduzem em direção do agreste para o sertão.

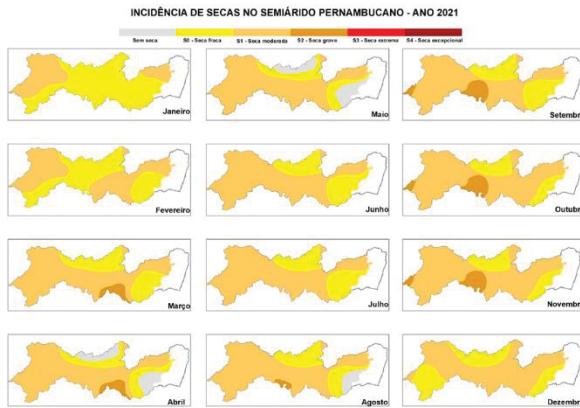
Para a evolução das secas na área de estudo, foram analisados os dados mensais de incidência de seca disponibilizados pelo Monitor da Seca (ANA, 2022) para os anos de 2017 a 2021. Por meio de ferramentas de geoprocessamento disponível no *ArcMap* foi extraído os dados mensais para o semiárido pernambucano e construído para cada os mapas de incidência de seca. A simbologia utilizada e as classes (categorias) dos estágios de seca foi conforme a definição do *National Drought Mitigation Center*, Lincoln, Nebraska, U.S (U.S. DROUGHT MONITOR, 2022).

Os estágios de seca definidos pelo *National Drought Mitigation Center* utilizam como legenda a classificação das áreas de secas conforme sua intensidade, variando de S1 (seca menos intensa) até S4 (a mais intensa). S0 indica que são áreas com condições de umidade anormalmente baixa e estão secando e podem, possivelmente, virar áreas de secas. Na Figura 01 é apresentada os mapas de incidência de seca mensais por ano. Observa-se que os anos de 2017 e 2018 foram os anos mais secos com maior incidência de seca na região e partir de 2019, com o aumento da precipitação, a incidência diminuiu ocorrendo áreas sem seca em alguns meses no ano de 2020.

FIGURA 01: MAPAS MENSAIS DA INCIDÊNCIA DE SECA DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO DOS ANOS DE 2017 A 2021.



c. Mapas mensais de 2019



d. Mapas mensais de 2020

e. Mapas mensais de 2021

Fonte: Monitor da Secas (ANA, 2022)

Com base nos estágios da seca e os possíveis impactos identificados na classificação de severidade da seca definidos por *National Drought Mitigation Center* (ANA, 2022), foi levantado os possíveis impactos no aspecto de resiliência e recuperação do ambiente no contexto da desertificação. A precipitação no semiárido pernambucano tem como característica regime de chuvas irregulares com períodos de secas, altas temperaturas e consequentemente alta evapotranspiração e impacta intensificando os efeitos do processo de desertificação. Considerando todos os desafios que o ambiente do semiárido pernambucano enfrenta e a precipitação irregular, com alta variabilidade interanual, que associada a baixos valores totais anuais de chuva, contribui, como fator predominante a ocorrência de secas. (SILVA, et al., 2010). Diante desses aspectos, sugere-se que para essa região não há áreas classificadas como ausente ou fraca suscetibilidade a desertificação em função da incidência de seca no semiárido pernambucano. Para os ambientes de seca fraca e moderada a presença da chuva, permite a recomposição, quando possível, do ambiente resultando na floração e no rebrotamento da caatinga, sendo portanto, considerada uma área de suscetibilidade a desertificação moderada em função da incidência de seca. Para as áreas classificadas como seca grave, os impactos identificados geram perdas pela baixa disponibilidade de água e impõe restrições ao desenvolvimento das plântulas com consequência em perda relativa da biodiversidade da flora e provoca processos erosivos que degradam o ambiente edáfico sendo considerados de grau acentuado a suscetibilidade a desertificação. Já em ambientes em que ocorrem seca extrema e excepcionais, onde resultam grandes perdas excepcionais e até generalizadas, os transtornos podem ser irreversíveis ou exigir um alto grau de complexidade de recuperação e resiliência. Para esses ambientes, o grau de suscetibilidade é considerado severo em função da incidência de seca.

Com o objetivo de gerar um mapa que represente os dados de suscetibilidade aos processos de desertificação em função da incidência de seca para os 5 anos estudados (2017 a 2021), realizou-se a integração espacial dos 60 mapas (12 mapas por ano), aplicando a operação de geoprocessamento denominado de intersecção. As

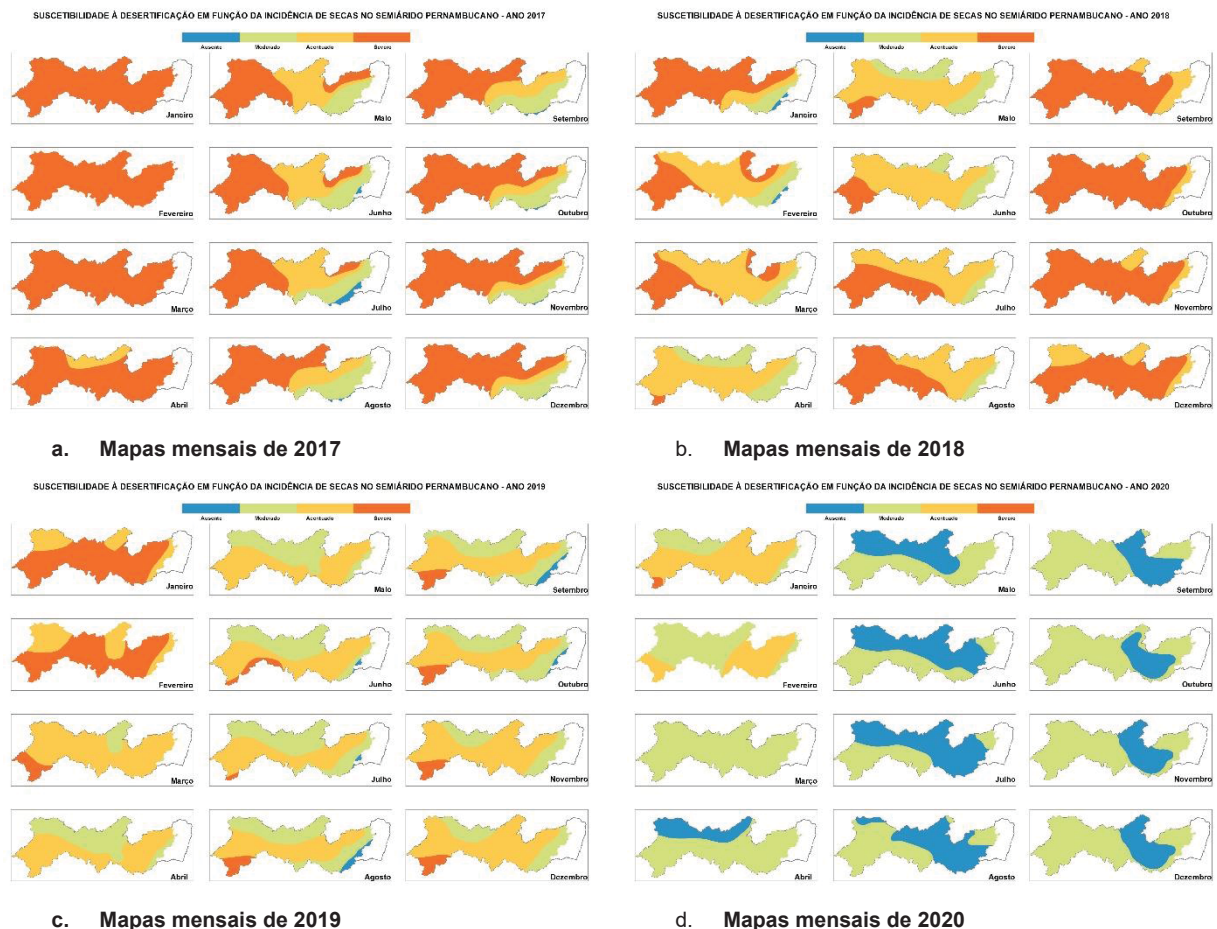
feições de cada mês com as informações se sobrepuseram, ocorrendo o cruzamento dos polígonos, gerando uma nova delimitação com novas feições e com os atributos mensais.

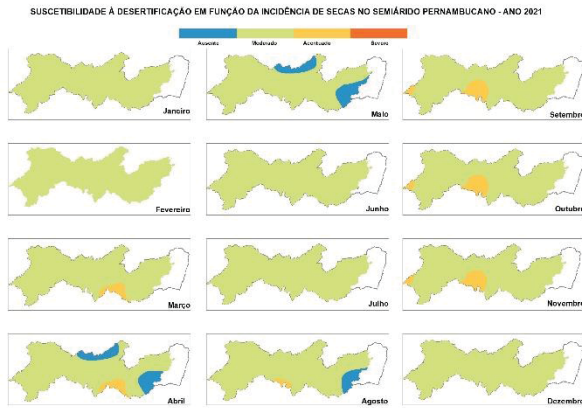
Após essa nova delimitação, partiu para a análise dos atributos. O objetivo dessa etapa é que para cada polígono gerado, fosse atribuído uma única classe conforme a Quadro 01. A definição se deu por meio da frequência absoluta, ou seja, para cada polígono foi atribuído a classe que mais se repetiu ao longo dos 60 meses. Com base nessa nova delimitação e informação, foi construído um novo mapa, considerando a mesma simbologia adotada pela *National Drought Mitigation Center*.

3. RESULTADOS

Com base na classificação proposta de suscetibilidade com base da recuperação e resiliência do ambiente em função da incidência de secas, foram gerados os mapas de suscetibilidade a desertificação em função da incidência de seca mensalmente para cada ano (Figura 02).

FIGURA 02: MAPAS MENSIS DA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS DE DESERTIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DA INCIDÊNCIA DE SECAS DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO DOS ANOS DE 2017 A 2021.





e. Mapas mensais de 2021

Fonte: O autor (2022)

A partir dos mapas mensais de incidência de seca de 2017 a 2021 (Figura 01) e da proposta de classificação de suscetibilidade a desertificação (Quadro 01) foram gerados mapas de suscetibilidade mensais (Figura 02).

QUADRO 01: POSSÍVEIS IMPACTOS AO AMBIENTE, RESILIÊNCIA E A RECUPERAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E O NÍVEL DE SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO POR ESTÁGIO DE SECA.

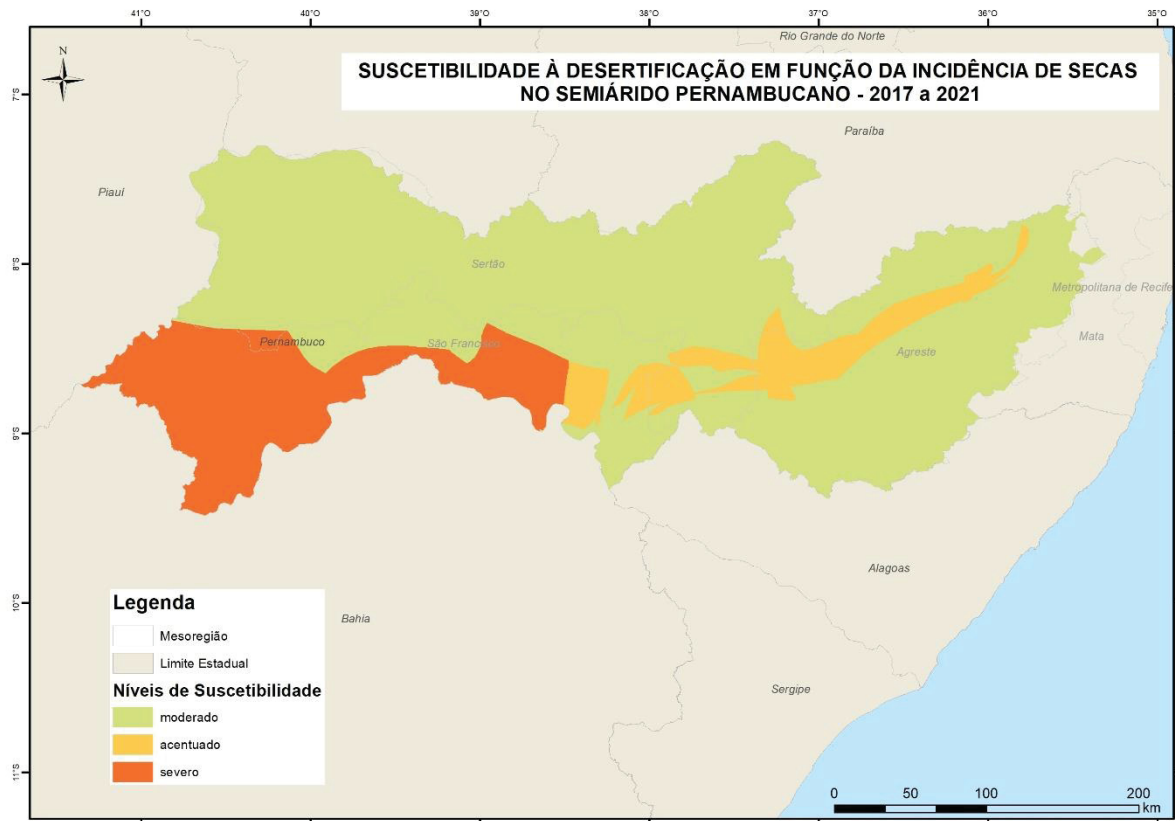
Estágios de Seca	Impactos Possíveis	Resiliência/Recuperação	Níveis de suscetibilidade à desertificação
Seca Fraca (S0)	Entrando em seca: verânico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas.	Facilita rebrotamento e floração da caatinga permitindo uma recomposição da paisagem	Moderado
Seca Moderada (S1)	Alguns danos às culturas, pastagens; córregos, reservatórios ou poços com níveis		

	baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.		
Seca Grave (S2)	Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comuns; restrições de água impostas.	Impõe restrições ao desenvolvimento das plântulas com consequência em perda relativa da biodiversidade da flora e provoca processos erosivos que degradam o ambiente edáfico.	Acentuado
Seca Extrema (S3)	Grandes perdas de culturas / pastagem; escassez de água generalizada ou restrições.	Causa transtornos significantes ao desenvolvimento das plantas, ocasiona processos erosivos	Severo
Seca Excepcional (S4)	Perdas de cultura / pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando emergências.	intensos culminando em perda de solos, matéria orgânica e redução de atividade biológica.	

FONTE: ADAPTADO DE ANA, 2022.

Com base nos mapas gerados de suscetibilidade, aplicando as ferramentas de geoprocessamento e análise de geoestatística foi gerado um mapa de suscetibilidade ao processo de desertificação em função da variável incidência de seca considerando dados de 5 anos (Figura 03).

FIGURA 03: MAPA DA SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DA INCIDÊNCIA DE SECAS DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.



FONTE: o Autor (2022)

Com base no mapa de suscetibilidade, foram calculadas as áreas conforme o nível de vulnerabilidade por mesoregião (Tabela 01).

TABELA 01: QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS, EM QUILOMETROS QUADRADOS, DA VULNERABILIDADE AO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DA INCIDÊNCIA DE SECAS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO POR MESOREGIÃO.

Nível de Suscetibilidade	Agreste (km ²)	%	Sertão São Francisco (km ²)	%	Sertão (km ²)	%	Total	%
Moderado	19.416,54	83,3%	8.240,10	33,6%	35.916,57	95,1%	63.573,21	74,3%
Acentuado	3.890,61	16,7%	1.503,95	6,1%	1.553,84	4,1%	6.948,40	8,1%
Severo			14.755,73	60,2%	288,26	0,8%	15.044,00	17,6%
Total Mapeado							85.565,62	100,0%

FONTE: O autor (2022)

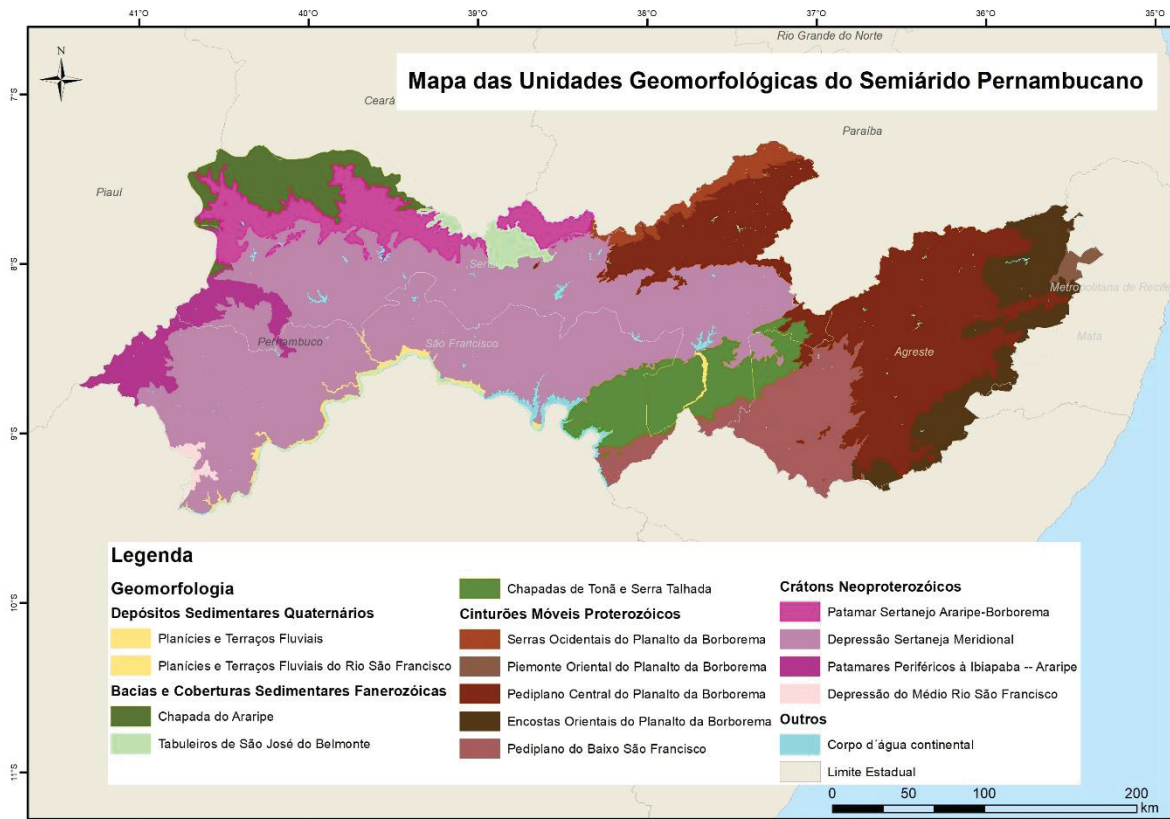
O semiárido pernambucano possui uma área 85.565,62 km² e 74,3% de sua área se encontram no nível moderado em relação a vulnerabilidade ao processo de

desertificação considerando somente a variável incidência de seca. Seguindo de Severo, 17,6% e acentuado, 8,1%.

A região Agreste, 83,3% se encontram em nível moderado com uma pequena área 16,7% a um nível mais vulnerável. A região do sertão, praticamente todo o território se encontra no mesmo nível de vulnerabilidade, com uma área de mais 95,1% do seu território mapeado classificado como moderado. Diferente o cenário se encontra a região do sertão do São Francisco em que 60,2% do seu território se encontra a nível severo de vulnerabilidade considerando somente a variável incidência de seca, seguido de 33,6%, moderado e 6,1%, acentuado.

Na Figura 03 foi possível observar que foram geradas áreas homogêneas, com as delimitações classificadas por nível de suscetibilidade. Dentro dessas regiões mapeadas foi possível observar uma área classificada como acentuada. Por ser tratar de um mapa que teve origem aos dados de precipitação, buscou-se compreender por meio da geomorfologia da região a sua relação com a precipitação. A Figura 04 apresenta o mapa da geomorfologia do semiárido pernambucano (IBGE, 2022). Confrontando as 2 (duas) informações foi possível relacionar que se trata uma área de Chapada do Tonã e da Serra Talhada, envolvendo uma área do Vale do Rio Pajeú. Essa região tem morfologia com planícies de elevadas altitudes e a presença desse tipo de relevo provoca as chuvas orográficas.

FIGURA 04: MAPA DA GEOMORFOLOGIA DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO



FONTE: IBGE (2022)

4. CONCLUSÃO

Considerando os dados de precipitação e de incidência de secas dos anos de 2017 a 2021 foi possível observar as irregularidades da precipitação, com baixos volumes, grandes períodos secos (sem chuva), chuvas concentradas em poucos meses do ano. À medida que avança o ano, o aumento da precipitação ocorreu e consequentemente a incidência de seca diminuiu, surgindo áreas classificadas sem seca. A classificação proposta de suscetibilidade com base da recuperação e resiliência do ambiente e nos seus impactos se apresentou como uma proposta viável de classificação da suscetibilidade à desertificação tornando-se como referência a incidência de seca no estado. A utilização das geotecnologias permitiu uma visão espacial e foi possível analisar de forma integrada os diferentes dados temporais e resultou em um produto em que foram possíveis a identificação e a localização dos fenômenos dando suporte a continuidade dos estudos sobre os processos de desertificação no estado.

REFERÊNCIAS

ANA. Monitor das secas. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa> > Acesso em: 20 de ago. 2022.

APAC. Boletins meteorológicos. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>> Acesso em: 01 de ago. 2022.

IBGE. Cartas sobre a Geomorfologia na escala 1:250.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=acesso-ao-produto> > Acesso em 01 de ago. 2022.

MENDES, B. V. Uso e conversação da biodiversidade no Semi árido: GT1 Recursos naturais e meio ambiente – Projeto Áridas: Fortaleza: (s.n), 1994.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Delimitação definida por meio da resolução Condel/Sudene n.º 150 de 13 de dez. 2021.

SÁ, I. B.; CUNHA, T.J.; TAURA, T.A.; DRUMOND, M.A. Mapeamento da Desertificação da Mesorregião Sul do Ceará com Base na Cobertura Vegetal e nas Classes de Solos. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, n. 3, 2014. p. 572-583.

SÁ, I. B. ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no semiárido brasileiro. In: ANGELOTTI, F. SÁ, I.B.; MENEZES, E.A.; PELLEGRINO, G.Q. (Ed.) Mudanças Climáticas e desertificação no semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido; Campinas. Embrapa Informática Agropecuária, 2009. Cap 4, p. 53-76.

SÁ, I. B.; CUNHA, T.J.F.; TAURA, T.A.; DRUMOND, M.A.; CAVALCANTI, E.R.; MENDONÇA, S.DE A.; GUEDES, M.V. Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do Estado de Pernambuco. Recife, 2020. 120p.

SÁ, I. B.; CUNHA, T.J.F.; TEIXEIRA, A.H.DE C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M.A. processos de desertificação no semiárido brasileiro. IN: GAMA, P. C.; SÁ, I.B.(Ed) SEMIÁRIDO BRASILEIRO: PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO. Embrapa. Petrolina, 2010. P. 125-158.

SILVA, P.C; MOURA, M.S.B.; KIILL, L.H.P.; BRITO, L.T.DE L.; PEREIRA, L.A.; AS, I.B.; CORREIA, R.C.; TEIXEIRA, A.H.DE C.; CUNHA, T.J.F; GUIMARAES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. IN: GAMA, P. C.; SÁ, I.B. (Ed.) SEMIÁRIDO BRASILEIRO: PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO. Embrapa. Petrolina, 2010. P. 19-48.

U.S. DROUGHT MONITOR. Disponível em: <https://droughtmonitor.unl.edu/>. Acesso em 01 de ago. 2022.