

CLEIRE LIMA DA COSTA FALCÃO
ERNANE CORTEZ LIMA
CLÁUDIA MARIA SABOIA DE AQUINO

ESTUDOS DO CLIMA E DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO



**CLEIRE LIMA DA COSTA FALCÃO
ERNANE CORTEZ LIMA
CLÁUDIA MARIA SABOIA DE AQUINO**

**Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES
Semiárid Search na Extension Network/RPES**



Apoio



**ESTUDOS DO CLIMA E DOS RECURSOS
HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO**



2022
Fortaleza, Ceará

2022 - by Cleire Lima da Costa Falcão, Ernane Cortez Lima e Cláudia Maria Saboia de Aquino. Direitos reservados a Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES

3

Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Centro de Ciências Humanas/CCH Av. John Sanford, s/n – Junco – Sobral/CE

Apoio: CNPq

Realização

Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES
Semiarid Search na Extension Network/RPES

Conselho Editorial

José Falcão Sobrinho (UVA/CE), Cleire Lima da Costa Falcão (UECE/CE),
Ernane Cortez Lima (UVA/CE), Raimundo Lenilde de Araujo (UFPI/PI),
Saulo Roberto de Oliveira Vital (UFPB/PB)

Conselho Científico

Ana Paula Pinho Pacheco Gramata, Antonia Vanessa Silva Freire Ximenes, Cleire Lima da Costa Falcão, Cláudia Maria Sabóia de Aquino, Ernane Cortez Lima, Francisco Nataniel Batista de Albuquerque, José Mauro Palhares, Raimundo Lenilde de Araujo, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, Simone Ferreira Diniz

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação Sistema de Bibliotecas

Costa Falcão, Cleire Lima

Estudos do clima e dos recursos hídricos no semiárido/Cleire Lima da Costa Falcão, Ernane Cortez Lima e Cláudia Maria Saboia de Aquino. Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES. Ed. Observatório do Semiárido, Fortaleza, 2022.

233p.

ISBN [978-65-998901-2-3](https://www.isbn.org/978-65-998901-2-3)

1. Clima. 2. Semiárido. 3. Recursos hídricos. I. Geografia II. Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES. III. Título.

CDU 342

Capa e Editoração: Eder Oliveira As informações, citações e a revisão textual são de responsabilidade exclusiva dos autores.

ORGANIZADORES



Cleire Lima da Costa Falcão

Professora da Universidade Estadual do Ceará/UECE. Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (1994), Especialização em Botânica pela Universidade Federal do Ceará (1995), Mestre em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade

Federal do Ceará (2002) e Doutora em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (2009). Coordenadora do Programa de Extensão em Educação em Solos: conhecer, instrumentalizar e propagar. Coordenadora do projeto de Extensão "A Arte de Pintar com Terra" e Coordenadora dos projetos de pesquisa "Elaboração e Análise de Materiais Didáticos para o Ensino de Geografia" e Estudo da Ação Pigmentante de Solo nas Unidades Ambientais", os quais fazem parte do Programa de Educação: instrumentalizar e propagar. Foi coordenadora de Área do Núcleo de Geografia/CCT do PIBID/UECE. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia Física, atuando principalmente nos seguintes temas: pedologia, erosão e produtividade, ensino da ciência do solo, educação em solos e extensão universitária. É membro da REDE de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES



Ernane Cortez Lima

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2012) Pós-Doutorado em Geografia "Educação Ambiental Aplicada a Gestão Territorial

em Comunidades Ribeirinhas e Litorâneas" pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2014). Possui graduação em Geografia/Licenciatura Plena pela Universidade Federal do Ceará - UFC (1994), Especialização em Botânica pela Universidade Federal do Ceará - UFC (1994), Mestrado Acadêmico em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE (20004). Pesquisador do CNPq, Líder do Grupo de Pesquisa Planejamento e Gestão em Bacias Hidrográficas. Atualmente é professor Adjunto K da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA com experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Bacias Hidrográficas, Meio Ambiente, Degradação Ambiental, Planejamento Ambiental e EIA/RIMA. Professor e Orientador do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. É membro da REDE de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES



Profa. Dra. Cleúdia Maria Saboia de Aquino

Possui graduação em Licenciatura Plena Em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (1999), mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará (2002) e doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Sergipe (2010). Atualmente é professora Associada II da Universidade Federal do Piauí, onde atua na pesquisa e no ensino de graduação e pós-graduação (Programa de Pós-Graduação de Geografia da UFPI), em disciplinas e temas relacionados à Geografia Física. É líder do Grupo de Pesquisa Geodiversidade, Patrimônio Geomorfológico e Geoconservação (GEOCON). Coordena juntamente com o professor Dr. Gustavo Souza Valladares o Grupo de Pesquisa GEOGRAFIA FÍSICA. Tem experiência na área de Geografia física, com ênfase em Análise Ambiental. Tem interesse nos temas: Geografia Física (Geodiversidade, Geopatrimônio, Bacia hidrográfica, Desertificação, planejamento ambiental, problemática ambiental, dentre outros) e Ensino de Geografia Física

OS AUTORES

Ana Cristina Figueira de Almeida de Souza Ramos

Doutoranda em Geografia – Programa de Pós Graduação em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – PPGEO/RJ - ecotransmutacao@gmail.com

Alberlene Ribeiro de Oliveira

Doutora em Geografia –DGEI/UFS

Ana Luiza Soares Campelo

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – luizaana@alu.ufc.br

Ana Daniele Rufino Saboia

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – danysaboia@alu.ufc.br

Antonia Letícia Paiva de Sousa

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – antonialeticiapaiva@alu.ufc.br

Antonio Tiago Fonseca da Silva

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – nadilly.oliveira@alu.ufc.br

Antonia Sinhá da Silva Gomes

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – michele0mily@gmail.com

Adinan Marzulo Maia Martins

Graduando em Ciências Matemáticas e da Terra, UFRJ - adinanmaia@gmail.com

Caroline Maria Sá os Santos

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEO/ UVA) - carolmasa@hotmail.com

Cláudia Maria Saboia de Aquino

Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí - cmsaboia@gmail.com

Carla Bernadete Madureira Cruz

Professora Doutora titular da UFRJ - carlamad@gmail.com

Daniel Almeida da Silva

Profº Drº do Departamento de Geografia (DGEI/UFS) - danielalmeidaufs@gmail.com

Diana Mendonça de Carvalho

Profº Drº do Departamento de Geografia (DGEI/UFS) - dianamendoncadecarvalho@gmail.com

Débora Raquel Freitas da Silva Chaves

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará. Professora da Rede Pública de Ensino do Estado do Ceará - deboraque08@gmail.com

Diego Vicente Sperle da Silva

Doutorando em Geografia, UFRJ diegovsperle@gmail.com

Edson Vicente da Silva

Professor doutor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará/UFC cacauceara@gmail.com

Furtado Teixeira

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará - fernandft92@gmail.com

Francisca Edineide Lima Barbosa

Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Bolsista PNPd. Pós-doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú- UVA edineidelb@gmail.com

Francisco Alan Sousa Anchieta

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – alansousa@alu.ufc.br

Francisco Amaro Gomes de Alencar

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - famaro.ufc@gmail.com

Glécia Maria de Carvalho Sousa

Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Piauí/UFPI - gleciacarvalho@gmail.com

Gabriel Carvalho de Mesquita

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – gabrielmesquita@alu.ufc.br

Gilson deOliveira Claudino

Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Regional de Blumenau (FURB) – gilson.claudino@gmail.com

Gerson Dias da Silva

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – gersondias@alu.ufc.br

Isorlanda Caracristi

Doutora em Geografia, Professora Associada do Curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEU/ UVA) - isorcaracristi@gmail.com

José Falcão Sobrinho

Doutor em Geografia Física, Universidade Estadual Vale do Acaraú- UVA. Bolsista em Produtividade pelo CNPq
falcao.sobral@gmail.com

Juarez Mota Pinheiro

Doutor em Geografia e Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão - juarez.mp@ufma.br

José Aparecido Vieira

Universidade Federal de Sergipe – Sergipe, Brasil
E-mail: josevieira2000@gmail.com

João Rodrigues de Araujo Júnior

Graduando de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA - joaorodriguesjunior597@gmail.com

Jucier Ricarte Saraiva

Mestrando em Geografia - jucierricarte@gmail.com

José Francisco Monteiro Souza

Graduado em Geografia Licenciatura pela Universidade Federal do Maranhão - franckmsouz@gmail.com

Jamila Gomes Camelo

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEU/ UVA). E-mail: jamilacamel@gmail.com;

Michele Cunha Pontes

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – sinhagomes@alu.ufc.br

Mara Nadilly Oliveira Hanorato

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – atiago.fonseca@alu.ufc.br

Nágila Fernanda

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará - fernandaft92@gmail.com

Pedro Edson Face Moura

Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Ceará; e-mail: fernandaft92@gmail.com

Pedro Henrique Eleoterio de Assis

Licenciado em Geografia. Mestrando em Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú- UVA
pedrosaodomingo345@gmail.com



Romeu Oliveira Nascimento

Universidade Federal de Sergipe – Sergipe,
Brasil

romeunasciemnto.2017@gmail.com

Simone Ferreira Diniz

Doutora em Geociências e Meio Ambiente,
Universidade Estadual Vale do Acaraú- UVA

dinfersim@hotmail.com

Sheila Silva da Costa Fernandes

Mestre em Geografia – Programa de Pós
Graduação em Geografia pela Universidade
do Estado do Rio de Janeiro – PPGEO/RJ -

sheilascgeo@gmail.com

Vinícius Henrique Barreto Santos

Universidade Federal de Sergipe – Sergipe,
Brasil

Vinícius Henrique Barreto Santos

Universidade Federal de Sergipe – Sergipe,
Brasil -

viniciushenrique1999@academico.ufs.br

Vitória Regina Alves Martins

Graduando em Engenharia Ambiental e
Sanitária pela Universidade Federal do Ceará
(UFC) – vitoriaregina@alu.ufc.br



APRESENTAÇÃO

A discussão do tema proposto para o V Fórum Brasileiro do Semiárido e V Colóquio de Pesquisadores em Geografia Física e Ensino de Geografia VFBSA/VCPGFEG: “*As temáticas físico-naturais na educação geográfica: perspectivas e práticas*”, possibilita o debate da Geografia na Educação Básica, principalmente, as perspectivas a partir da BNCC; a importância das temáticas físico-naturais na construção do pensamento espacial e da dinâmica dos sistemas naturais na Geografia Escolar; práticas de ensino das temáticas físico-naturais na formação docente em Geografia; Cartografia e geotecnologias na interface com as temáticas físico-naturais; metodologias e práticas integradoras dos conteúdos físico-naturais na Geografia Escolar e outras questões relacionadas ao ensino dos aspectos físicos-naturais.

Neste contexto, a Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES, associa-se de forma integradora e participativa no debate, trazendo como primária a promoção de discussão dos atores (pesquisadores e professores) com conhecimento dos aspectos físicos-naturais a partir de vivências de pesquisas e ações sociais, associando às tendências pedagógicas adotadas na ciência geográfica. Como também, associando experiências de pesquisadores que vivenciam eventos científicos voltados ora a pesquisa, ora a Educação, intercambiando saberes sobre o ambiente a educação no ambiente semiárido. Como resultado, promover reflexões sobre o Ensino de ambientais físico-naturais distintos no território brasileiro.

Isto posto resultou a obra que segue, denominada **ESTUDOS DO CLIMA E DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO**, composta por pesquisadores qualificados conduzindo as suas equipes de trabalhos, voltados ora à pesquisa, ao ensino e a extensão. Desta forma, fortalecendo o conhecimento de cunho científico e com apoio do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq.

Prof. Dr. José Falcão Sobrinho
Líder da Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES
Semi-arid search and extension network/RPES

SUMÁRIO

A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP's) DAS MARGENS DE RIOS: ESTUDO DE CASO NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE (12)

Glécia Maria de Carvalho Sousa; Cláudia Maria Saboia de Aquino

A MERCANTILIZAÇÃO DA ÁGUA E SEUS REBATIMENTOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (32)

Romeu Oliveira Nascimento; Vinícius Henrique Barreto Santos; Alberlene Ribeiro de Oliveira

“DA ETERNA LUTA COM O SOL” À UTILIZAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS: EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ – BRASIL (43)

Débora Raquel Freitas da Silva Chaves; Francisco Amaro Gomes de Alencar

O SERTÃO VAI VIRAR MAR: POSSIBILIDADES PROPICIADAS PELOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO SERGIPANO (57)

Vinícius Henrique Barreto Santos; Romeu Oliveira Nascimento; Daniel Almeida da Silva; Diana Mendonça de Carvalho; José Aparecido Vieira

SISTEMAS AGROECOLÓGICOS DE PRODUÇÃO E CONSUMO ALIMENTAR EM SÃO DOMINGOS, SOBRAL, CEARÁ (71)

Pedro Henrique Eleoterio de Assis; José Falcão Sobrinho; Simone Ferreira Diniz; Francisca Edineide Lima Barbosa

AVALIAÇÃO REMOTA DOS RIOS E CÓRREGOS UTILIZANDO COMO FERRAMENTAS METODOLÓGICAS O PAR/GOOGLE EARTH E COMMANDER COMPASS LITE – ESTUDO DE CASO - RIO SANTO ANTÔNIO/ITATIAIA – RJ (87)

Ana Cristina Figueira de Almeida de Souza Ramos; Sheila Silva da Costa Fernandes

QUALIDADE FÍSICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ÁREAS URBANAS DE CIDADES DO LITORAL NORDESTINO: O CASO DE APICUM-AÇU – MA (102)

José Francisco Monteiro Souza; Juarez Mota Pinheiro

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICO DO MUNICÍPIO DE PENTECOSTE, CEARÁ (123)

Nágila Fernanda Furtado Teixeira; Edson Vicente da Silva; Pedro Edson Face Moura

ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO PERÍODO DAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA EM CRATEÚS – CE (136)

Antonia Letícia Paiva de Sousa; Vitória Regina Alves Martins; Gabriel Carvalho de Mesquita; Gilson de Oliveira Claudino

ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO PERÍODO DA ESTAÇÃO SECA EM QUIXERAMOBIM – CE (149)

Francisco Alan Sousa Anchieta; Gerson Dias da Silva; Ana Luiza Soares Campelo; Ana Daniele Rufino Saboia; Gilson de Oliveira Claudino

DINÂMICAS EM SÉRIES TEMPORAIS PARA O ENHANCED VEGETATION INDEX (EVI) E LAND SURFACE TEMPERATURE (LST) PARA OS MUNICÍPIOS BEBERIBE(CE) E SABOIEIRO(CE) (161)

Adinan Marzulo Maia Martins; Diego Vicente Sperle da Silva; Carla Bernadete Madureira Cruz

O CLIMA DA CIDADE DE QUIXADÁ (CE) E A INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS URBANOS E INSELBERGS “MONÓLITOS”. (174)

Jamila Gomes Camelo; Isorlanda Caracristi

ANÁLISE DAS TSM DO ATLÂNTICO E PACÍFICO INFLUENCIANDO NOS VALORES PLUVIOMÉTRICOS DE MUCAMBO (CE) NO ANO DE 2021 (185)

João Rodrigues de Araujo Júnior; Isorlanda Caracristi

ANÁLISE DO CLIMA URBANO DE CAJAZEIRAS-PB (199)

Jucier Ricarte Saraiva; Isorlanda Caracristi

CONFORTO TÉRMICO: UMA ANÁLISE TEMPORAL NA CIDADE DE SOBRAL – CE (213)

Michele Cunha Pontes; Mara Nadilly Oliveira Hanorato; Antonio Tiago Fonseca da Silva; Antonia Sinhá da Silva Gomes; Gilson de Oliveira Claudino

CLIMA E INUNDAÇÕES NA CIDADE DE SOBRAL (CE) (226)

Caroline Maria Sá dos Santos; Isorlanda Caracristi

A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP's) DAS MARGENS DE RIOS: ESTUDO DE CASO NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE

Glécia Maria de Carvalho Sousa
Cláudia Maria Saboia de Aquino

INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos naturais do planeta e sua deterioração mundial relaciona-se as ações antrópicas de intensa exploração a estes recursos, notadamente na região semiárida brasileira (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Esta região por apresentar características naturais peculiares de semiaridez como irregularidade climática e baixo índice pluviométrico traz a necessidade de políticas públicas e legislação contextualizada aos diferentes problemas ambientais e/ou sociais vivenciados.

Com a Revolução Industrial houve uma evolução tecnológica que exigia cada vez mais a exploração dos recursos naturais, sem a preocupação com a capacidade de recuperação destes ou necessidade de preservá-los, poucos eram os debates sobre o conceito de sustentabilidade ou algo semelhante (LEAL, 2019).

Diante de um ambiente excessivamente sobrecarregado pelas atividades antrópicas, sofrendo o risco de exaustão dos seus recursos naturais (MAIA, 2008 *apud* ROCHA *et al.*, 2014), devido as inúmeras práticas de manejo do solo, da água e da vegetação de forma inapropriada, emergiu a preocupação junto a sociedade em geral e pesquisadores de se buscar estratégias pontuais para minimizar a problemática ambiental. Assim a sustentabilidade passou a ser pauta das conferências mundiais, tendo em vista a urgência de se preservar o meio ambiente e utilizar racionalmente os recursos naturais do planeta com o objetivo de assegurar o bem-estar das gerações seguintes

Dessa forma, para disciplinar e limitar as interferências antrópicas negativas no meio ambiente, bem como conter a degradação ambiental dos recursos naturais, devido ao seu uso inadequado, foi criado o Código Florestal Brasileiro, disposto na Lei nº 4.771/1965 (Brasil, 1965) que contemplou a criação das Áreas de Preservação Permanente (APP's). Segundo a Lei, nessas áreas, estabelece-se normas para a proteção e a manutenção da cobertura florestal nativa, a fim de que esta desempenhe importantes funções ambientais.

Todavia, percebe-se o comprometimento do desempenho desta função pela APP, seja em áreas rurais ou urbanas, tendo em vista a ampliação de inúmeras atividades antrópicas sobre estes espaços reconhecidamente como protetores dos recursos naturais.

Segundo Cruz, Lanzasova e Bisognin (2019), as Áreas de Preservação Permanente (APP's) são locais do território que desempenham função ambiental primordial na conservação dos recursos naturais. Consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais (BRASIL, 2012).

Dessa forma, "a análise da legislação com base nas características do meio físico é

fundamental para a definição de limites ao uso do solo em áreas de reconhecida qualidade ambiental a serem preservadas e/ou recuperadas, a exemplo das APP's" (CARDOSO, 2013 p. 38).

Conforme as categorias de APP's constantes na Lei 12.651/2012 que objetiva o desenvolvimento sustentável, foram identificadas para o presente estudo as APP's de margens de rio, por desempenharem relevante função ambiental na preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações.

Com base nessa concepção da Lei, aplicada em regiões semiáridas, a presente pesquisa objetiva: 1) a partir do recorte espacial do município de Santo Antônio de Lisboa - PI, delimitar a luz do Código Florestal vigente e das técnicas de geoprocessamento, as Áreas de Preservação Permanente do Rio Riachão que atravessa esse município, identificando assim, do ponto de vista ambiental as ocupações e seus impactos; 2) ressaltar a importância da aplicação da legislação ambiental no âmbito da área de preservação permanente (APP) das faixas marginais dos cursos d'água e a proteção das matas ciliares no seu entorno, contribuindo, dessa forma com subsídios para o planejamento ambiental do município e como porta de conhecimento para população em geral sobre a temática.

Assim, a pesquisa justifica-se por entendermos a importância de se discutir sobre as leis de proteção ambiental dos cursos d'água (APP's) levando ao público informações indispensáveis para o reconhecimento e a tomada de atitudes ambientalmente conscientes e responsáveis, já que todos os cidadãos são responsáveis pela melhoria na qualidade ambiental e social dos espaços ocupados.

No contexto do semiárido brasileiro, onde se insere o rio Riachão, objeto deste estudo Antunes (2013) aponta a necessidade de um modelo específico para a proteção das áreas de preservação permanente ao redor destes cursos d'água que têm um regime hídrico peculiar. Portanto, é indispensável que haja um regramento próprio para os limites das Áreas de Preservação Permanente de corpos hídricos especialmente considerando o bioma caatinga e suas especificidades (NETO *et al*, 2015)

REFERENCIAL TEÓRICO

Nas décadas de 1960 e 1970 à questão ambiental tornou-se pauta nas diferentes conferências ambientais realizadas. Avaliar os impactos ambientais causados pelo homem passou a ser o foco das discussões, bem como buscar mecanismos para promover a renovação das áreas degradadas, tendo em vista a rápida expansão urbana e industrial ocorrida em escala global, que gerou um cenário preocupante para a sadia qualidade de vida da sociedade e do ambiente (NASCIMENTO *et al*, 2019). Toda essa situação culminou na adoção comum de políticas ambientais nos diversos países.

Nesse contexto de preocupação global com o ambiente e sua degradação "o Brasil inseriu-se na política internacional, com a qual cada nação tende a traçar planejamentos político-econômicos e normativos. No contexto ambiental, a principal bandeira de luta tornou-se, então, a luta contra a fome, pobreza e degradação." (ALMEIDA; SOUSA, 2013 p.143)

Desse modo, o primeiro Código Florestal foi editado no Brasil em 1934, sendo a

principal norma que regulava o uso das florestas no país, ele já idealiza a proteção de áreas representativas dos ecossistemas naturais de um determinado ambiente no território brasileiro (BORGES *et al.* 2011). Destarte, ao longo de 31 anos foi ampliado e alterado inúmeras vezes, devido sua inaplicabilidade (RORIZ; FEARNSTIDE, 2015).

Conforme Borges *et al.* (2011) pelo Código Florestal de 1934, o que hoje se considera “preservação permanente” estava prescrito no art. 4º, que se referia às florestas protetoras. Essas florestas, de acordo com a sua localização, serviam para conservar o regime das águas, evitar erosão, garantir a salubridade pública, dentre outras (BRASIL, 1934). De 1934 até hoje, a legislação se tornou bastante rígida gerando muitas vezes interpretações dúbias, logo difíceis de serem aplicadas.

Já em 1965, com a edição do Segundo Código Florestal (BRASIL, 1965), o antigo Código Florestal de 1934 foi aperfeiçoado por meio da (Lei 4.771/1965) trazendo um novo olhar para às políticas de proteção e conservação da flora, pois buscou determinar de forma legítima a proteção das áreas de preservação permanente (GARVÃO; BAIA, 2018).

Conforme Garcia (2012) a referida Lei procurou definir os princípios essenciais para proteger o meio ambiente e garantir o bem-estar da população do país, preocupando-se também com a preservação dos recursos hídricos. “Pela menção “bens de interesse comum”, o código florestal de 1965 pode ser considerado o precursor da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) por conceituar meio ambiente como bem de uso comum do povo brasileiro” (MACHADO, 2004 citado por BORGES *et al.*, 2011).

De acordo com Cardoso (2013), o Código Florestal define quais áreas apresentam situação de vulnerabilidade/fragilidade que impactam na manutenção e o abastecimento de água e, portanto, devem ser destinadas à preservação permanente, entre outras. Ainda segundo a autora, o Código Florestal também orienta o mapeamento das APP's em microbacias, além de garantir o amparo legal para preservação e recuperação das mesmas.

Segundo Viegas *et al.* (2014) o Código Florestal brasileiro de 1965 adotou pela primeira vez oficialmente o termo “Área de Preservação Permanente”. Essa definição vem sendo utilizada no país até os dias atuais, cujo o conceito apresenta-se conforme a seguir:

[...] área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. (BRASIL, 1965)

O conceito supracitado continua sendo utilizado, embora a Lei tenha passado por diversas alterações, tendo sido modificada nos anos de 1986 e 1989 nos pontos relativos as larguras das faixas marginais dos cursos d'água com o objetivo à conservação das formações vegetais encontradas ao seu redor, consideradas de extrema importância à conservação dos recursos hídricos e do meio ambiente local (VIEGAS *et al.*, 2014).

O art. 2º do Código Florestal de 1965, tratou de forma indireta da proteção das águas, ao definir áreas de proteção permanente as florestas e quaisquer demais formas de vegetação naturais situadas ao longo dos rios e de qualquer curso de água,

considerando o nível mais alto das margens, com larguras variáveis (de 30 a 500 metros) conforme a largura do corpo hídrico; ao redor de lagos e lagoas naturais ou artificiais; e ainda, em torno das nascentes, mesmo intermitentes, num raio mínimo de 50 metros (BRASIL, 1965). Dessa forma, o Código Florestal, contribuiu para proteger a vazão e qualidade das águas, criando áreas de preservação permanente às florestas e matas ciliares situadas ao longo dos cursos d'água (DARONCO, 2013).

Assim, os ambientes que apresentam extrema fragilidade/vulnerabilidade a sofrer impactos ambientais, como ao entorno de nascentes, margem dos rios, lagos, lagoas e reservatório naturais e artificiais e encostas com declividade acima de 45 constituem as conhecidas APP's (BRASIL, 2012). Elas foram criadas com a finalidade de proteger o ambiente natural, não permitindo nestes espaços alteração do uso da terra, sendo responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas existentes (BARROS *et al.*, 2014).

Atualmente, conforme a Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012 ou Lei Florestal, no Art. 4º, considera-se Áreas de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

É importante frisar que a Lei 12.727 de 17 de outubro de 2012 ou Lei Florestal, revoga e altera a Lei de 25 de maio de 2012, porém as duas são complementares uma à outra (VIEGAS *et al.*, 2014) ambas em substituição ao Código Florestal de 1965. A nova legislação promoveu alterações nas regras relativas à proteção ambiental e as propriedades privadas, incorporando novos mecanismos a regularização fundiária (RORIZ; FEARNSSIDE, 2015). São estas as Leis, que direcionam a delimitação das APP's no presente estudo e amparam legalmente todo o território brasileiro.

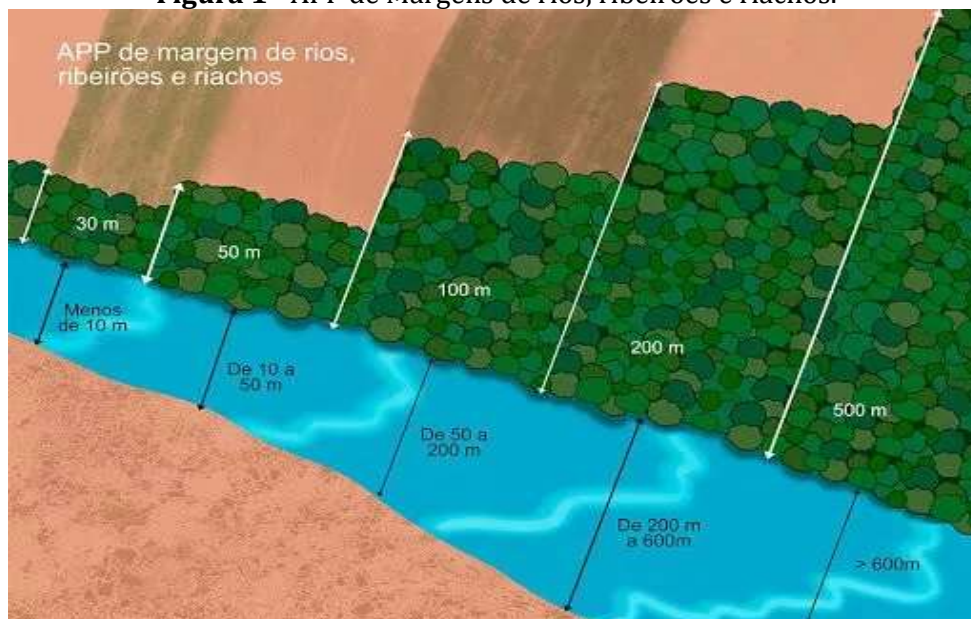
As faixas marginais consideradas como APP's variam de acordo com a largura do curso d'água, conforme tabela 1, medida a partir da borda da calha de seu leito regular, ou seja, a partir da beirada do leito, segundo figura 2. Ressalta-se que a medição se faz dos dois lados do rio ou riacho.

Tabela 1 - Metragem das APP's (Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012)

Largura (Rios ou Córregos)	Faixa de Preservação
Até 10 metros	30 m em cada margem
Entre 10 e 50 metros	50 m em cada margem
Entre 50 e 200 metros	100 m em cada margem
Entre 200 e 600 metros	200 m em cada margem
Superior a 600 metros	500 m de cada margem
Nascentes	50 m no entorno da nascente

Fonte: BRASIL (2012)

Figura 1 - APP de Margens de rios, ribeirões e riachos.



Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

Ainda conforme o código florestal (BRASIL, 2012), as áreas consideradas Áreas de Preservação Permanentes (APPs), como margens de rios

[...]estão inseridas na zona ripária dos cursos d'água e sua preservação contribui para a proteção e melhoria da qualidade da água, manutenção da flora e fauna (especialmente da mata ciliar e da biota aquática), minimiza processos erosivos das margens e permite a manutenção da capacidade hidráulica da calha fluvial para conduzir as águas superficiais (CARVALHO JUNIOR, 2013 p.1)

Portanto, as APP's desempenham funções ambientais essenciais para preservar os recursos naturais da paisagem e estabilidade geológica, bem como a biodiversidade e a qualidade de vida da população (2012), apresentando-se como ambientes de extrema fragilidade, como as margens de rios.

Corroborando com as ideias discutidas no parágrafo anterior, Borges *et al.* (2011, p.1205) diz:

A preservação das APP é de fundamental importância na gestão de bacias hidrográficas, pois contribuem para a estabilidade dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos visando a dar condições de sustentabilidade à agricultura. Intervenções nas APP para abertura de novas áreas agrícolas comprometerá, no futuro, a reposição de água nos aquíferos, a qualidade de água superficial e subterrânea, perda de solo, ameaças à saúde humana e degradação dos mananciais, além de comprometer a produção de alimentos

Para Andrade e Oliveira (2007, p. 163), “as áreas de preservação permanente são espécie do gênero espaço territorial especialmente protegido” em razão da manifesta e relevante função socioambiental que desempenham, constitui-se um condicionante à efetivação do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, reconhecido na

Constituição Federal Brasileira de 1988, por meio do art. 225 como direito humano fundamental e impõe ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Machado (2009, p. 741), ao discorrer sobre as APP's, expressou que:

A vegetação, nativa ou não, e a própria área são objetos de preservação não só por si mesmas, mas pelas suas funções protetoras das águas, do solo, da biodiversidade (aí compreendido o fluxo gênico da fauna e da flora), da paisagem e do bem-estar humano. A área de preservação permanente – APP não é um favor da lei, é um ato de inteligência social, e é de fácil adaptação às condições ambientais.

Nesse sentido, a delimitação das áreas de APP's, em espaços urbanos, decorre dos problemas ambientais e sociais, colocados em evidência devido ao crescimento acelerado da população e ocupação desordenada do espaço (BILAC; ALVES, 2014). Esse espaço é palco de inúmeros conflitos que envolvem os diferentes usos da terra em APP's e a identificação destes é um importante instrumento para promover o manejo adequado dos recursos naturais, em especial da água (PINTO; ROSSETTE, 2013).

Cruz, Lanzasova e Bisognin (2019) apontam que as APP's urbanas sofrem pressões ambientais que podem impactar nos recursos hídricos. Alertam ainda que devem ser considerados importantes tanto rios de pequenos fluxos de vazão quanto os grandes rios, já que a preservação daqueles é tão necessária quanto à preservação destes, pois determinadas atividades podem ter ações pontuais, mas com impactos que se estendem ao longo da rede hidrográfica.

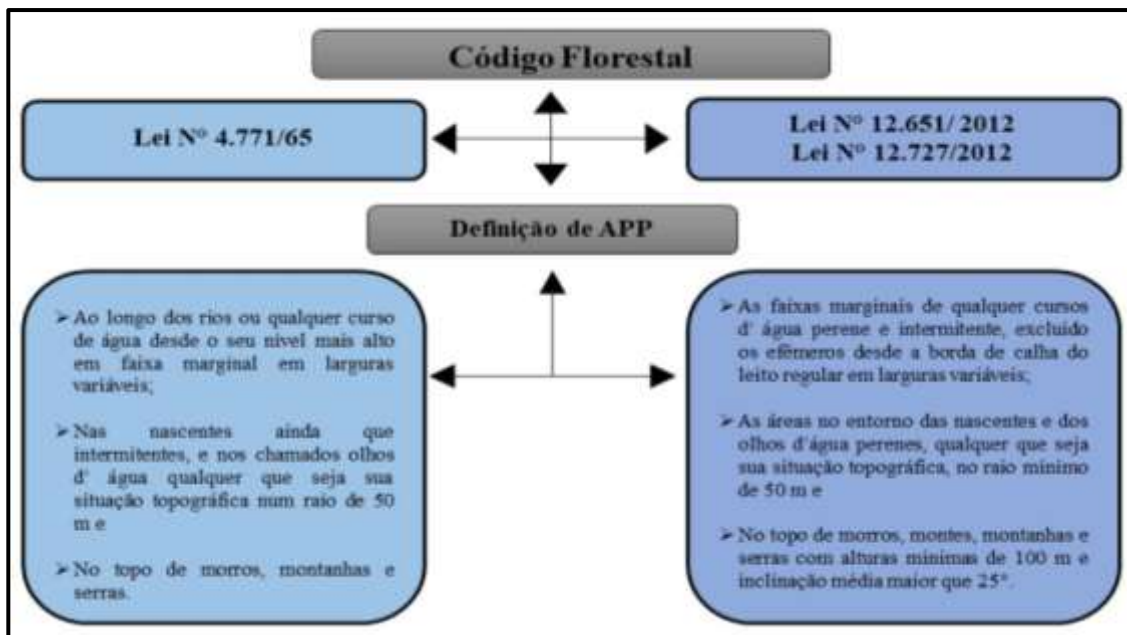
Caixeta (2009) enfatiza que a identificação e a delimitação das áreas de preservação permanente dos cursos d'água utilizando as imagens disponíveis auxilia a fiscalização, reduz custos devido a eficiência dos resultados, e ainda possibilita detectar as áreas que necessitam de fiscalização *in loco*.

Assim, a demarcação das APP's por meio do mapeamento, bem como sua caracterização são imprescindíveis para o planejamento territorial, a fiscalização e as ações de campo nos âmbitos local, regional ou nacional, tendo em vista colaborar com as fiscalizações que intentam o cumprimento da legislação ambiental vigente (EUGENIO *et al.*, 2011).

Portanto, o legislador ao definir de APP demonstrou categoricamente o grau de importância dessas áreas, incluindo nelas a proteção do solo, da flora, da fauna, da paisagem e da biodiversidade, culminando com a sua significância para o bem-estar das populações humanas. Entende-se assim, que os recursos naturais existentes nas APP's devem ser considerados em sua totalidade, por isso, preservados de maneira permanente (BORGES *et al.*, 2011)

A figura 3 apresenta um resumo das mudanças constatadas nas versões do Código Florestal (Leis 4.771/1965 e 12.651/2012 alterada/complementada pela Lei 12.727/2012), sobre cursos d'água e delimitação de APP's.

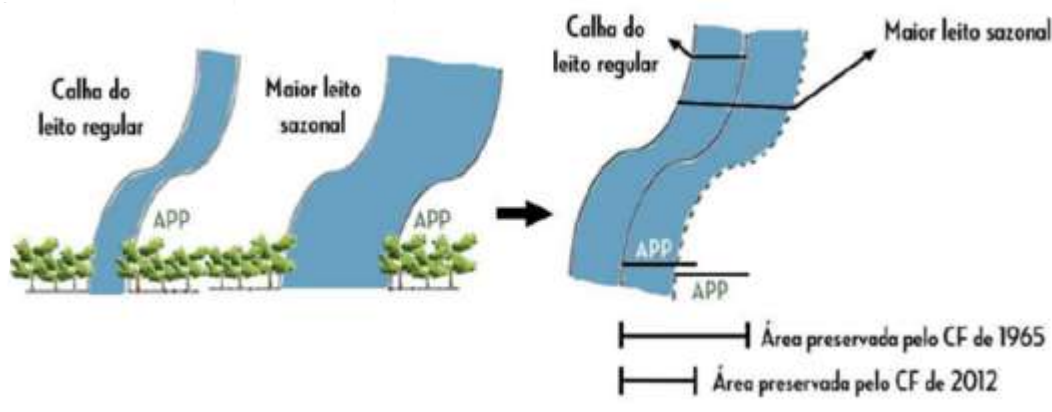
Figura 2 - Versões do Código Florestal para cursos d'água e delimitação de APP's



Fonte: Carvalho (2019). Adaptada por Sousa (2020).

Com base nas informações dispostas no esquema acima, o Código Florestal (Lei 12.651/2012), especificamente nas delimitações das APP's de margens de rios, identifica-se uma redução espacial dessas áreas em comparação ao Código Florestal (Lei 4.771/1965), já que na lei atual a medição se faz desde a borda da calha do leito regular do rio e não mais do nível mais alto do curso hídrico, que é o período de cheia. Veja figura 3.

Figura 3 - Esquemática da demarcação de um trecho de APP.



Fonte: Adaptado de Laudares, Silva e Borges, 2014.

Essa alteração na Lei, traz perdas espaciais significativas, especialmente na delimitação das APP's de rios intermitentes que tem sua vazão e fluxos irregulares ao longo do ano, devida o baixo índice pluviométrico.

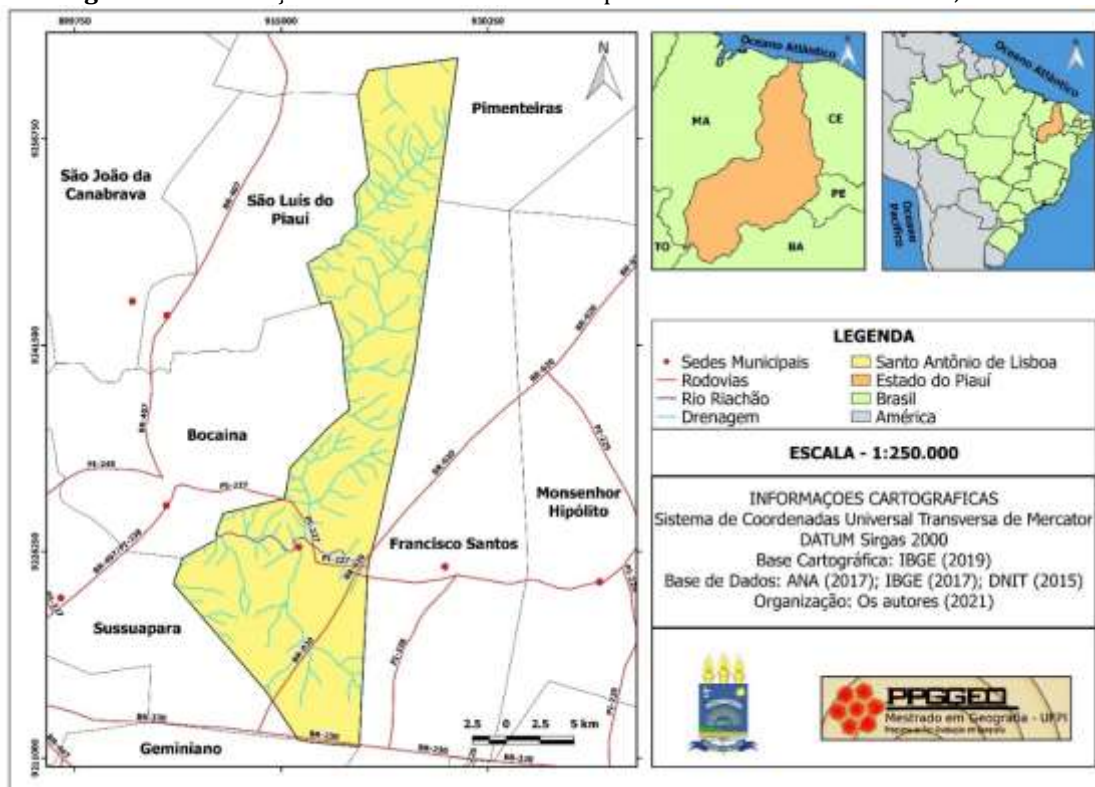
Sabendo da importância das diferentes funções que as APP's desempenham, desde a preservação da vegetação, a biodiversidade, a conservação da qualidade ambiental como a estabilidade geológica, a proteção do solo e assim assegurar o bem estar das populações humanas é que se torna basilar a aplicação da legislação ambiental voltada a proteção dessas áreas, mesmo diante de interpretações dúbias da Lei ou da influência e pressão da política atual de desenvolvimento socioeconômico, faz-se necessário a devida aplicação da Lei, de preferência contextualizada com realidade de cada região.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo

O município de Santo Antônio de Lisboa (Figura 4), localiza-se na microrregião de Pio IX, sudeste piauiense e na Região Geográfica Intermediária e Imediata de Picos (IBGE,2017) fazendo divisa com seis municípios. Mantém sua sede municipal com as coordenadas geográficas de 06°58'53" de latitude sul e 41°14'03" de longitude oeste com distância aproximada de 344 km da capital do estado, Teresina (AGUIAR, 2004).

Figura 4 - Localização do rio Riachão no município de Santo Antônio de Lisboa, Piauí.



Fonte: ANA (2017); DNIT (2015); IBGE (2017). Org.: os autores

A geologia do município drenado pelo rio Riachão se assenta predominantemente sobre coberturas sedimentares da era Paleozoica, que corresponde à Província do Parnaíba, além dos depósitos recentes da era Cenozoica (IBGE,2014), cujo os solos encontrados são provenientes da alteração de arenitos, siltitos, folhelhos e conglomerados IBGE (2014; 2018), ANA (2017) disponibilizado no site do INDE

(Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais). Apresenta relevo plano a suave ondulado como predominante, com cotas altimétricas variando de 225 m a 580 m.

O município supracitado apresenta clima semiárido e quente inserindo-se no Domínio das Depressões Intermontanas e Interplanálticas das Caatingas, conforme classificação proposta por Ab'Saber (2003), com precipitação pluviométrica média anual registrada em sua sede da ordem de 700 mm/ano, cerca de 3 a 5 meses como os mais chuvosos e o período restante do ano de estação seca. Os meses de janeiro, fevereiro e março correspondem ao trimestre mais úmido, conforme (AGUIAR, 2004). A vegetação da área de estudo é representada por uma associação da savana estépica arborizada e savana estépica, conforme os dados dos estudos RADAMBRASIL atualizados pelo IBGE (2014) refletindo o clima tropical semiárido com períodos prolongados de estiagem dominante.

Como resultado do tipo climático dominante tem-se o rio Riachão com drenagem predominantemente do tipo temporário, nasce na divisa dos estados do Ceará e Piauí, no município de Pio IX, atravessando o município de São Julião e desembocando suas águas na localidade Barras das Guaribas, na cidade de Bocaina. Pertence à bacia hidrográfica do rio Guaribas, que é um subafluente do rio Canindé.

Conforme Santos *et al.* (2012), a literatura considera o rio Guaribas como um dos importantes afluentes da margem direita do médio curso do rio Itaim e o rio Riachão como o principal e maior afluente da margem esquerda do rio Guaribas. Ainda segundo os autores, o rio Riachão apresenta a direção geral de Leste para Oeste até a confluência com o rio Guaribas.

Os dados censitários do município de Santo Antônio de Lisboa-PI, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021), apontam que sua população estimada para o ano referenciado é de 6.466 mil habitantes, em uma área com cerca de 385 km².

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS EMPREGADOS NA PESQUISA

Para a elaboração do presente estudo, foram analisados dados bibliográficos levantados em periódicos acadêmicos, sobretudo publicações de artigos científicos a respeito da legislação ambiental brasileira, com ênfase em Área de Preservação Permanente (APP), do portal de Lei do Governo Federal do Brasil.

Quanto a localização da área, foram utilizados estudos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE (2010). Buscou-se compreender as suas concepções naturais, considerando os elementos de solo, clima, hidrografia, vegetação e relevo, como também as condições sociais e urbanas, para aferir as conexões do ambiente com as dinâmicas de uso pela sociedade e assim interrelacionar com o processo de ocupação da APP do rio Riachão.

O geoprocessamento serviu para a classificação da área ocupada na encosta do curso do rio que foi mapeada seguindo as orientações contidas na Lei do Código Florestal Brasileiro de 2012, que institui delimitações para APP's. O Artigo 2º do novo Código Florestal Brasileiro disposto na Lei Nº 12.6511/2012 considera Áreas de Preservação Permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situada ao longo de um rio ou qualquer curso d'água. No art. 4º estabeleceu uma faixa marginal de largura

mínima de 30m (trinta metros) para cursos d'água com menos de 10m (dez metros) de lâmina d'água (BRASIL, 2012).

As APP's do rio Riachão foram geradas através de um delimitador de distância (*buffer*) compondo uma faixa marginal de 30 m que aplicada ao plano de informação a largura do rio Riachão com base em imagem do *Google Earth* disponível no módulo de geoprocessamento do software ArcGIS® 10.6, conforme Cruz, Lanzasova e Bisignon (2019).

A palavra *buffer* conforme Teixeira e Christofolletti (1997), em ambiente SIG, significa uma forma de análise de proximidade onde zonas de uma determinada dimensão são delimitadas em volta de uma feição ou de um elemento geográfico, levando-se em conta um determinado atributo.

No processo de elaboração do mapa de áreas de preservação permanente do rio Riachão em Santo Antônio de Lisboa, foi utilizado inicialmente o *shapefile* do rio Riachão, identificado a partir de dados vetoriais da Bacia Hidrográfica otocodificada do rio Parnaíba da ANA (2017), para ser base para a criação de um *shapefile* de polígono do referido rio no *Google Earth*. O polígono do rio foi elaborado conforme a calha do rio, observando o fluxo de água e a largura predominante na imagem georreferenciada do software. Deve-se também destacar a importância das observações em campo.

Portanto, para que se fizesse possível a confecção do mapa de APP's, utilizaram-se as ferramentas "Vetor > Geoprocessamento > *Buffer*" do software Qgis. Em seguida, foi utilizado as ferramentas Vetor > Geoprocessamento > *Diferença*, para o arquivo de APP's do rio Riachão não considerar a calha do rio como se fizesse parte da APP da margem esquerda e direita com 30 metros.

Em complementação ao trabalho foram realizadas visitas em campo com o objetivo de conferir *in loco* a ocupação irregular da APP's do rio, e assim, validar a interpretação realizada no processamento digital das imagens de satélite. As visitas aconteceram em novembro e dezembro do ano de 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Áreas de preservação marginais do rio Riachão

A ocupação das áreas próximas a rios, especificamente nos espaços preservados por Lei está relacionada a diferentes razões, sejam elas de ordem socioeconômica, histórica ou de ordem natural/física. Compreender esses motivos ajudam a analisar melhor a ocupação das APP's.

O rio Riachão faz parte da origem do município, servindo primeiramente para a agricultura e criação de gado, contribuindo na história, formação e emancipação de Santo Antônio de Lisboa-PI, em 09 de abril de 1964, logo, fazendo com que ao longo de seu percurso fossem construídas habitações, desmatadas suas matas e explorada sua riqueza mineral: a areia

Por estar localizado em uma região de semiárido, é imprescindível a utilização dos sistemas hídricos para sobrevivência do sertanejo, seu leito na estiagem para cultura de vazante, meio de sobrevivência de muitas famílias do município. E do que consta a

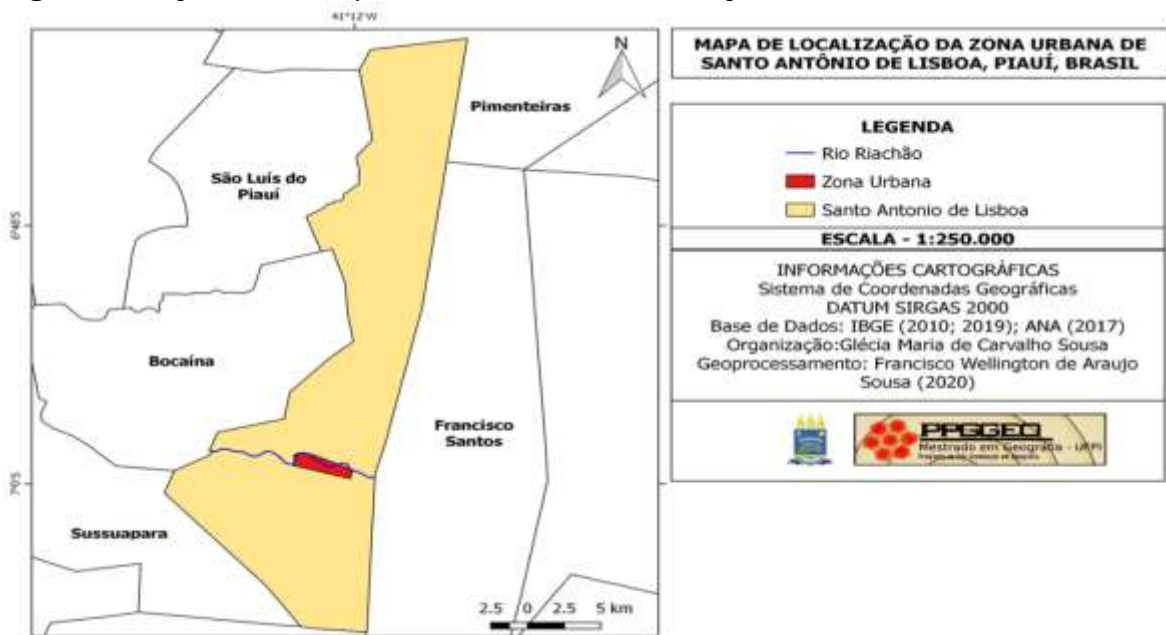
questão hidrográfica da região, o rio tem um regime de intermitência na maior parte do ano agravado por atividades exploratórias em suas margens.

A área de APP do rio Riachão mapeada possui trechos na zona urbana e na zona rural. Perpassa uma importante via de acesso ao município representado pela BR 020 e várias estradas vicinais que favorecem o acesso e adensamento populacional cada vez mais crescente na área.

O novo Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei 12.651/2012, prevê a proteção das matas ciliares, ou seja, a vegetação que se desenvolve as margens dos rios, riachos, córregos, lagoas ou outros corpos de água, classificando-as como Áreas de Preservação Permanente – APP’S (BRASIL,2012). As matas ciliares assumem um importante papel para proteção dos recursos hídricos, atuam como barreira natural, protegem os rios, mantêm a qualidade e quantidade das águas e estabilizam os terrenos às suas margens, evitam o deslizamento e o assoreamento dos rios (BAHIA, 2007).

Conforme mapeamento da área de estudo, o comprimento do rio Riachão no município de Santo Antônio de Lisboa é de 13,7 km, sendo que o trecho do rio que atravessa o sítio urbano do referido município tem extensão de 4,58 km e a área total urbana do município 3,85 km² (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de Localização da zona urbana do município de Santo Antônio de Lisboa -PI



Fonte: IBGE (2010;2019); ANA (2017)

Já o mapeamento das APP’s das margens do rio Riachão no município de Santo Antônio de Lisboa permitiu detectar uma área total de 0,88 km² (884.700 m²) equivalendo a 88,47 ha (hectare), representando um percentual de 6,5% da área total drenada pelo rio no município.

Conforme a legislação ambiental vigente, as áreas de APP’s deveriam estar cobertas por vegetação nativa porque carregam em si a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo

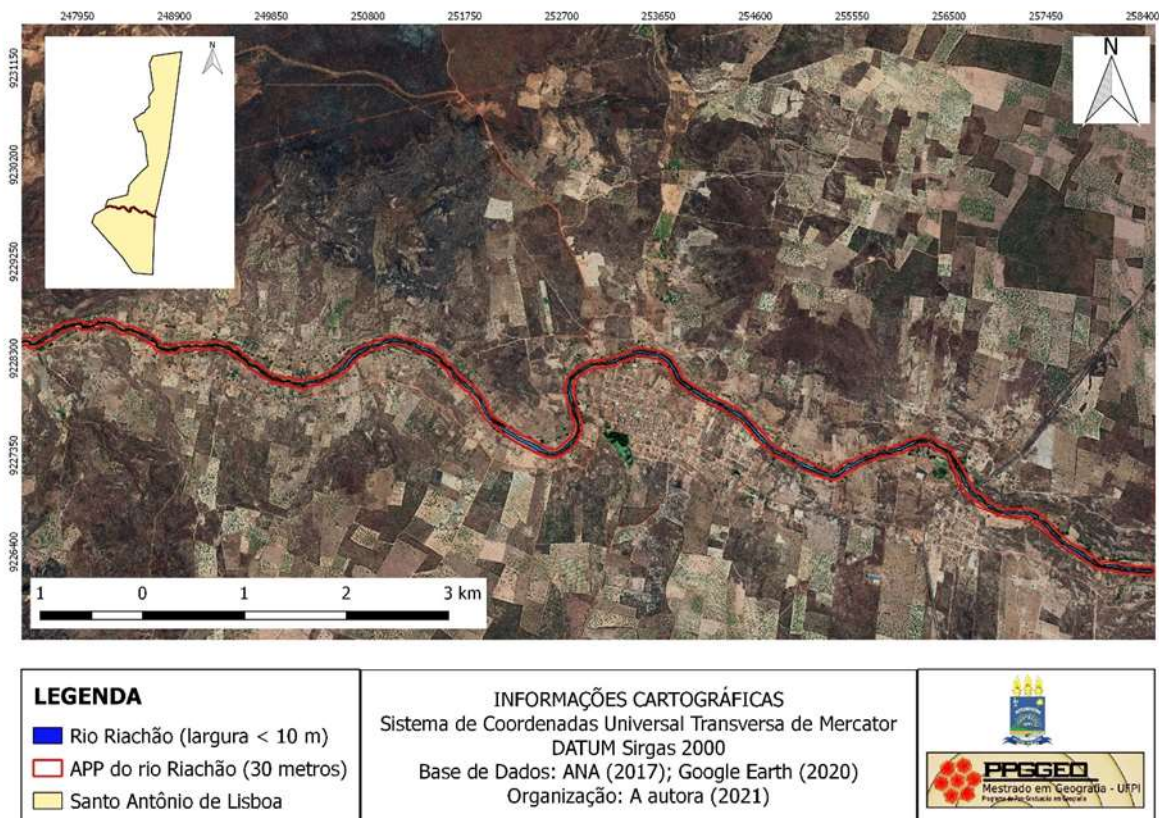
gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

A partir do mapeamento das Áreas de Preservação Permanente da área de estudo foi possível obter o mapa de APP's para as margens do rio Riachão que atravessa o município (área rural e área urbana). No que se refere a largura do rio, medido a partir do leito regular, sua largura variava de 6 a 8 metros estabelecendo assim APP's de 30 metros de largura em cada margem (Figura 6). Com área total de 0,88 km² ou 88,47 hectares.

De acordo com o mapeamento das APP's do rio Riachão foi possível identificar construção indevidas dentro da área de preservação na cota de até 30m, sendo a margem esquerda do rio a mais transgredida com a construção de campo de lazer, moradias, o que endossa o caráter irregular da ocupação, pois para a instalação de tais empreendimentos e aparelhos de lazer, há a necessidade de um aval do poder público municipal, que acaba contrariando uma Lei Federal, pois no que tange a utilidade pública e interesse social, os empreendimentos excedem os baixos impactos previstos no Artigo 8º, na Seção II, do Regimento de Proteção das Áreas de Preservação Permanente.

Ressalta-se a importância do Riachão para as pessoas que vivem naquela localidade, especialmente no trecho rural do município, a jusante, que no seu entorno estabeleceram um vínculo na região onde habitam, pelo seu processo histórico de ocupação e com o Rio Riachão fazendo parte dessa relação com a sociedade local.

Figura 6 - Mapa de APP's do rio Riachão em Santo Antônio de Lisboa-PI.



Fonte: ANA (2017); Google Earth (2020). Org.: as autoras

Destaca-se que em virtude da crescente degradação ambiental em todo o Brasil e do avanço das atividades antrópicas em áreas inapropriadas ou protegidas por lei como as APP's (CARDOSO; AQUINO, 2013) há necessidade de um olhar mais cuidadoso para com estas áreas, no sentido de se evitar o desmatamento da vegetação ciliar ou a ocupação e exploração de forma irregular, especialmente em regiões semiáridas, que enfrentam problemas de escassez hídrica agravadas pelas ações humanas.

O estudo aqui realizado no rio Riachão, por meio de pesquisa direta, apontam diferentes atividades/construções irregulares desenvolvidas na APP do rio Riachão, conforme (Figura 7,8 e 9).

Figura 7 – Área urbanizada na APP do rio Riachão. Chácara com campo de futebol e parque aquático (A) e Construção comercial/residencial (B), bairro Xique-xique.



Foto: Sousa, 2020. A e B (nov. 2020)

Figura 8 – Desmatamento/solo exposto na APP do rio Riachão



Foto: Sousa (2020). A e B (nov.2020)

Figura 9 – Processo erosivo e consequente assoreamento do rio Riachão.



Foto: Sousa (2020). A (dez.2020); B (nov.2020).

As principais atividades humanas relacionadas com a supressão da mata ciliar (APP's) na área de estudo, correspondem atividades agrícolas de subsistência, desmatamentos para extração de areia e edificações próximas aos cursos d'água, dentre outros (figura 10)

Figura 10 – Desmatamento da mata ciliar da APP do rio Riachão.



Foto: Sousa (2020). A- Desmatamento para atividade agrícola, localidade Acampamento; B- Desmatamento para extração de areia, localidade Junco; C- Desmatamento para edificação, bairro Xique-Xique. A e C (dez. 2020); B (Mar. 2020).

Constata-se que existe uma pressão antrópica nas áreas de preservação permanente do rio Riachão, que por apresentar características peculiares do semiárido brasileiro, tem seu quadro agravado por fatores de ordem natural, como escassez de chuvas e secas sucessivas. Essas áreas foram apropriadas pelo modelo de desenvolvimento urbano e econômico que desconsideram as vulnerabilidades/fragilidades geoambientais dos espaços.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises referentes a legislação que trata das APP's no Brasil, conclui-se que elas se originaram como consequência da grande preocupação em relação essas áreas reconhecidas como importantes fontes de bens e serviços ambientais essenciais à sobrevivência do homem, independente se há ou não cobertura vegetal.

Que a legislação ambiental do país já tratava de forma indireta das APP's desde 1934, as chamadas "florestas protetoras", mostrando-se à época uma ideia bastante conservacionista. Porém, a inércia e displicência das autoridades resultou na sua inaplicabilidade, ocasionando a edição da lei. A edição de 1965 definiu as APP's, sendo seu conceito utilizado no código florestal atual (Lei 12.651/2012). A lei vigente (Lei 12.651/2012) se tornou mais objetiva e rigorosa quanto os limites das APP's e sua ocupação. Entretanto, houve uma redução em termos espaciais desses espaços quando comparadas com o que conduzia a legislação ambiental antiga (Lei 4.771/65), principalmente na delimitação das APP's de rios intermitentes, que possui fluxo irregular devido as poucas chuvas ao longo do ano.

Quanto a demarcação das APP's do rio Riachão, as técnicas de geoprocessamento permitiram realizar o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e assim projetar o mapa de APP's para as margens do rio Riachão, identificando sua largura, medido a partir do leito regular, com variação de 6 a 8 metros, estabelecendo assim APP's de 30 metros de largura em cada margem. Com área total de 0,88 km² ou 88,47 hectares.

No tocante aos critérios de preservação estabelecido pelo Código Florestal (Lei 12.651/2012), foram identificadas transgressões as normas estabelecidas pela legislação que orienta a delimitação da APP de rio Riachão como: práticas agrícolas desenvolvidas ao longo do seu curso, o desmatamento das matas ciliares deixando os solo exposto e vulnerável, a retirada indiscriminada de areia do leito e das margens do rio para a comercialização e as construções/edificações urbana/rural às margens do rio desencadeando respostas que se convertem em processos erosivos e/ou de assoreamento em distintos pontos do rio.

Este fato revela-se preocupante à medida que consideramos a relevante função ambiental destas áreas de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Recomenda-se promover ações que ajudem na preservação e/ou adequação das APP's a legislação vigente garantindo sua preservação e função ambiental, propondo medidas tais como: reflorestamento, controle quanto aos tipos de usos da área, evitar construções nas referidas áreas, dentre outros, objetivando mudanças com vistas a promoção da proteção eficiente ao ambiente e as APP's.

Entretanto, como a preocupação com a preservação ambiental nessas áreas somente aconteceu após a ocupação delas, e sabendo que a legislação nacional vigente é recente, tratando-se da delimitação para a proteção permanente dos rios, expõe-se que a aplicação dessa Lei para os rios de regiões do semiárido não é cumprida na prática, assim como em outras regiões do Brasil. A carência de políticas públicas habitacionais, de planejamento e fiscalização para a preservação desses ambientes também é deficiente em grande parte dos municípios dos brasileiros.

Nesse viés, ainda que a legislação brasileira atual sobre as APP's seja ampla e teoricamente vise a sustentabilidade dessas áreas, sua aplicabilidade ainda deixa a desejar, especialmente no contexto do semiárido brasileiro, que apresenta particularidades naturais e especificidades nos regimes hídricos de seus rios e de seu bioma, a caatinga. Assim, sugere-se que se adapte a legislação para a realidade dessa localidade, considerando suas peculiaridades.

Por fim, pontuamos que a preservação desses espaços deve envolver todos os atores: o poder público municipal, a sociedade e as demais instituições públicas e privadas para em conjunto caminhar na direção da conservação de seus recursos naturais, como as margens de seus rios.

REFERÊNCIAS

AB SABER, A. N. **Os Domínios da Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AGUIAR, R. B. de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí:** diagnóstico do município de Santo Antônio de Lisboa/ Robério Bôto de Aguiar e José Roberto de Carvalho Gomes (Orgs.) - Fortaleza: CPRM, 2004.

ALMEIDA, I.C.S.; SOUZA, M.J.N. Convergências e controvérsias conceituais sobre degradação ambiental/desertificação. **Revista GeoUECE** - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECEFortaleza/CE, v.2, nº3, p.142-156, jul./dez. 2013.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Bacia hidrográfica ottocodificada do rio Parnaíba.** Brasília: geonetwork, 2017. Escala 1:100.000. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: 22 ago. 2019.

ANDRADE, R. R.; OLIVEIRA, L. P. P. de. Áreas consideradas de preservação permanente de reservatórios d'água artificiais e ao redor de lagoas e lagos naturais. Competência legislativa suplementar municipal: abrangência e limites sob a ótica do direito ambiental e urbanístico. **Revista de Direito Ambiental**, n. 46, 2007.

ANTUNES, P. B. Comentários ao novo código florestal. São Paulo: Atlas, 2013.

BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Semarh. **Recomposição Florestal de Matas Ciliares.** Salvador: Gráfica Print Folhas, 3.ed.rev.e ampl. 2007.

BARROS, A. C.; RODRIGUES, M. T.; TAGLIARINI, F. D. S. N.; GARCIA, Y. M. Análise de conflito entre legislação ambiental e uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 2014, v. 10, n. 2, 2014, p. 558-567

BILAC, R. P. R.; ALVES, A. M. Crescimento urbano nas áreas de preservação permanente (APPs): um estudo de caso do leito do rio Apodi/Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros-RN. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 79-95, 2014.

BORGES, L. A. C.; REZENDE J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JUNIOR, L.M.; Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1202-1210, 2011.

BRASIL. **Decreto Federal n. 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Decreta o código florestal. Brasília, DF, 1934. Disponível em: Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L4771.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. Do meio ambiente: artigo 225. In: _____. **Constituição Federal de 1988**. Brasília, DF, 1988. Cap.6.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Código florestal brasileiro**: promulgado em 25 de maio de 2012.

BRASIL **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 out. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm> Acesso em: 13 jan. 2020.

CAIXETA, D. M. Mapeamento, Identificação e Monitoramento das Áreas de Proteção Permanente ao longo do Ribeirão Anicuns no Município de Goiânia/ GO. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**; 2009. Natal, Brasil. p. 617-622.

CARDOSO, J. A. **Aspectos físicos e conflitos decorrentes do uso das terras da microbacia do riacho do Roncador em Timon-MA**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós- Graduação em Geografia. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. S. Mapeamento dos conflitos de uso nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) da microbacia do riacho do Roncador, Timon (MA). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n 3, p. 133-148, 2013.

Cartilha do Código Florestal Brasileiro. Disponível em :
http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/APP-localizacao-e-limites_protecao-conservacao-dos-recursos-hidricos-dos-ecossistemas-aquaticos.html. Acesso em: 06 maio 2021

CARVALHO JUNIOR, M. M. de. **Metodologia para determinação das Áreas de Preservação Permanente das margens de cursos d'água**: Um estudo de caso na Bacia do Rio Piabanha. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação M. Sc., COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

CARVALHO, G. O. **Faixa marginal de proteção no rio Piabanha – Petrópolis (RJ), revisão da legislação e demarcação**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente). Universidade Federal de Fluminense, Escola de Engenharia, Niterói, 2019.

CRUZ, R.; LANZANOVA, M. E.; BISOGNIN, R. P. Mapeamento do Uso da Terra e Identificação de Conflitos Legais em Áreas de Preservação Permanente Utilizando SIG. **Ciência e Natura**, v. 40, e 41, p. 1-12, 2019.

DARONCO, G. C. Evolução histórica da legislação brasileira no tratamento dos recursos hídricos: das primeiras legislações até a Constituição Federal de 1988. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves/RS. 2013, p.1-7.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. O.; PIMENTEL, L. B.; MOULIN, J. V. Identificação de áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 563-571, out./dez. 2011.

GARCIA, Y. M. **O código florestal brasileiro e suas alterações no congresso nacional**. Departamento de Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, n. 12, v. 1, janeiro a junho de 2012, p. 54-74. Disponível em
<<http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/viewFile/1754/iar-ama>>. Acesso em 30 de jan. 2020.

GARVÃO, R. F.; BAIA, S. A. L. N. Legislação ambiental: um histórico de desafios e conquistas para as políticas públicas brasileiras. **Nova Revista Amazônica**, v. 6, n. 2, p. 93-102, 2018.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Versão 7.3.3. 2020. Disponível em:
<https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 out. 2020.

IBGE. **Mapa de geomorfologia da Folha SB.24 Jaguaribe**. INDE. Catálogo de metadados 2014. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/geo-servicos/catalogo-de-metadados>. Acesso em: 15 mai. 2020.

_____. **Mapa de Solos da Folha SB.24 Jaguaribe.** INDE. Catálogo de metadados 2014. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/geo-servicos/catalogo-de-metadados>. Acesso em: 15 mai. 2020.

_____. **Mapa de Geologia da Folha SB.24 Jaguaribe.** INDE. Catálogo de metadados 2014. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/geo-servicos/catalogo-de-metadados>. Acesso em: 15 mai. 2020.

_____. **Mapa de Vegetação da Folha SB.24 Jaguaribe.** INDE. Catálogo de metadados 2014. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/geo-servicos/catalogo-de-metadados>. Acesso em: 15 mai. 2020.

_____. **Divisão regional do estado do Piauí.** Escala 1: 900 000. Diretoria de Geociências Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

_____. **Cidades. 2021.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2021.

LAUDARES, S. S. A.; SILVA, K. G.; BORGES, L. A. C. Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental no Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, [s.l.], v. 31, p.111-122, 29 ago. 2014. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v31i0.33743>.

LEAL, J. M. **Vulnerabilidade ambiental no município de São Miguel do Tapuio, Piauí:** bases para o ordenamento territorial. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGGEO). Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2019.

MACHADO, P.A.L. **Direito ambiental brasileiro.** 12.ed. São Paulo: Malheiros, 2004. 1075

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro.** 17 ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2009.

NASCIMENTO, V.S.; MORAIS, S.S.; BRAGA, D.P.; CRUZ, M.LB. O código florestal e a ocupação de APP'S no semiárido: o caso do rio Canindé – Ce. **Revista CC&T/UECE** do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza/CE, v. 1, n.3, p. 90- 101jul./dez. 2019.

NETO, S. F.; MELO, G. K. R. M. M.; LIMA, V. L. A.; DANTAS NETO, J. Áreas de Preservação Permanente: a aplicabilidade da legislação ambiental frente aos recursos hídricos do semiárido brasileiro. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 210-219, 2015.

OLIVEIRA, H. C.; ALMEIDA, S. V. G.; RÊGO, V. G. S.; MEDEIROS, F. S.; FARIAS, S. A. R.; LIMA, J. R. Diagnóstico ambiental da utilização da terra e de implicações ecológicas em microbacia da Serra do Teixeira, Patos (PB). **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 14, n. 4, p. 170-184, 2019.

PINTO, C. E. T.; ROSSETE, A. N. Mapeamento dos conflitos no uso da terra em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do Córrego Capitão Décio, Nova Xavantina-MT. *Ciência e Natura*, v. 34, p.139-155, 2013.

ROCHA, R. P.; MAIA, E. L.; VIEIRA, S. S.; LEITE, E. M. Diagnóstico sócio-ambiental da nascente da comunidade do cocal em Palmeira do Piauí – PI. **Revista Educação Ambiental em Ação**, 2014.

RORIZ, P. A. C.; FEARNSIDE, P. M. A construção do Código Florestal Brasileiro e as diferentes perspectivas para a proteção das florestas. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18, n. 2, p. 51-68, 2015.

SANTOS, L.A.; SOUSA, T.M.; LIMA, A.S.; LIMA, I.M.M.F. Bacia hidrográfica do rio guaribas, Piauí: aspectos da geomorfologia fluvial. **IX SINAGEO (9º Simpósio Nacional de Geomorfologia)** 21 a 24 de out. 2012, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/2/2-662-369.html>. Acesso em: 18 jun.2019

TEIXEIRA, A. L. A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistema de Informações Geográficas: dicionário ilustrado**. São Paulo: Editora: Hucitec, 1997.

VIEGAS, D.; TODT, V.; THUM, A. B.; COELHO, O. G. W. Caracterização das áreas de preservação permanente no município de Picada Café- RS de acordo com o novo código florestal brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 5, p. 1007-1028, 2014.

A MERCANTILIZAÇÃO DA ÁGUA E SEUS REBATIMENTOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Romeu Oliveira Nascimento
Vinícius Henrique Barreto Santos
Alberlene Ribeiro de Oliveira

INTRODUÇÃO

A hidrografia estuda as águas que compõem a superfície terrestre e a sua distribuição. Esse elemento natural é indispensável à manutenção da vida dos seres vivos e por isso mesmo as relações entre os seres humanos e ela não podem ser dissociadas.

Grande parte da água que compõem a superfície terrestre está localizada nos oceanos, a qual não é apropriada para os seres humanos, o que é um problema, já que a “pouca” água doce que está disponível é tida como um recurso, ou seja, mercantilizada pela classe hegemônica e não está distribuída de forma igualitária pelo globo.

Nesse sentido, Ribeiro (2008) traz discussões primordiais em seu livro “Geografia política da água”, assim como Machado e Torres (2012) em seu livro Introdução à hidrogeografia, ambos discutindo as relações políticas, territoriais, espaciais, geográficas das águas. Revela-se, assim, o caráter estratégico que os diferentes usos e apropriações das águas impõe à sociedade e ao meio ambiente.

Em áreas como o semiárido nordestino, que sofre com as secas típicas dessa condição climática, a água, pela sua escassez, torna-se um bem cobiçado, passando a ter um valor ainda maior. Com isso, a apropriação socioeconômica da água reverbera em contradições no espaço geográfico, que corroboram para que se faça a associação pobreza-seca, quando na verdade o que se tem é a privação de um bem natural para as classes despossuídas.

Não se prendendo apenas ao âmbito social, Magalhães Júnior e Barros (2020) trazem conceitos essenciais sobre a hidrogeomorfologia, que são fundamentais ao entendimento acerca da dinâmica e processos que envolvem a água. Além disso, salientam a correlação que existe entre o sistema hidrológico e o papel deste na modelagem da superfície terrestre, estando assim diretamente relacionado com a geomorfologia.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a mercantilização das águas no semiárido brasileiro a partir da relação natureza-sociedade e os rebatimentos do modo de produção capitalista através da distribuição desigual e mercadológica da água, além de abordar o tema das águas de modo integrado, trazendo para o debate as ações humanas, bem como observar a correlação da escassez hídrica na região do sertão do Nordeste com as desigualdades sociais ali observadas

Por isso este artigo é relevante, pois traz uma visão integrada da sociedade-natureza em relação à água e à complexa cadeia de fenômenos sociais e naturais que orbitam ao redor desse elemento da natureza, tendo em vista valorizar um olhar crítico e reflexivo, que não deixa de enfatizar a influência dos seres humanos nos elementos naturais, deixando claro que o impacto da sociedade se dá de forma diferenciada e atende a interesses de grupos específicos.

MATERIAL E MÉTODO

Para galgar estas análises, será utilizado o método dialético, que “proposto por Hegel e Marx, é justamente uma tentativa de pensar o mundo integrando as diferentes esferas contraditórias do real” (ZAGO, 2013, p. 111). Ao analisar a mercantilização das águas no semiárido brasileiro, percebe-se que não se pode dissociar os aspectos naturais e sociais, dividindo-os como se não fossem partes de um todo.

Nessa perspectiva, os procedimentos propostos para a coleta de dados e obtenção de resultados foram através da pesquisa bibliográfica. Na pesquisa bibliográfica foram utilizados autores como: Ribeiro (2008), Júnior e Barros (2020), Machado e Torres (2012), Ferreira (2019), Silva (2016) que contribuíram para o embasamento teórico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PROCESSOS NATURAIS E HUMANOS QUE INFLUENCIAM NA HIDROGRAFIA

A hidrografia é o estudo das águas da superfície terrestre e destaca-se como elemento natural, uma fonte vital, já que sem ela nenhum ser vivo sobrevive por mais ínfima que seja sua necessidade. Além disso, é encontrada em diferentes estados da matéria, quais sejam: estado sólido, líquido ou gasoso, sendo mais comumente vista no seu aspecto líquido.

A maior parte da água do planeta se concentra nos oceanos com a porcentagem de 97,5 %. Os 2,5 % restantes são de água doce, dos quais estão em sua maioria congeladas na forma de calotas polares e grandes blocos de gelo emersos nos oceanos, os quais se desprendem das geleiras (*icebergs*). As águas subterrâneas representam outra parte substancial da água doce. Por fim, as águas que estão na superfície estão distribuídas em rios e lagos de água doce (RIBEIRO, 2008).

A forma como essa água está distribuída no planeta é definida por diversos fatores que se relacionam em maior ou menor grau, como relevo, vegetação, clima, tipo de solo, tipo de rocha, influência da gravidade, bem como por ações humanas, tendo em vista que estes agem de forma ativa na natureza (TEIXEIRA *et al*, 2007).

A vegetação influencia diretamente ou indiretamente na dinâmica das águas. Quando ela é retirada, isso afeta na evapotranspiração, o que altera o equilíbrio dinâmico da qual ela faz parte. A infiltração é também comprometida, pois a vegetação serve para amortecer as gotículas d'água, dificultando a percolação e, conseqüentemente, alterando o regime das águas no subsolo.

Outro problema relacionado à remoção da flora é o assoreamento dos rios, os quais serão saturados por sedimentos, já que a área ficou desprotegida e susceptível à erosão. Com isso, o rio perde sua dinamicidade natural, o que acaba alterando o equilíbrio de todo sistema, sendo o ser humano o ator principal para que isso ocorra.

A natureza da rocha é outro fator que contribui para a dinamicidade dos fluxos das águas. Quanto mais porosa for a rocha, maior será a capacidade de infiltração, sendo comumente encontradas em áreas de formações sedimentares. Por outro lado, quando a rocha tem elevado índice de impermeabilidade, a infiltração será muito menor, sendo encontradas em áreas de formações cristalinas, como no semiárido do Nordeste brasileiro.

A gravidade, por sua vez, age de maneira influente na direção dos fluxos, que tendem a ir de áreas de altas declividades para áreas planas. Não por acaso os rios obedecem a lógica da gravidade, nascendo em pontos elevados do relevo e desaguardo em áreas mais rebaixadas. Um exemplo dessa dinâmica é o do Rio Amazonas, o qual nasce na Cordilheira dos Andes, que é uma área de relevo montanhoso, desaguardo em uma região de planície.

Já o clima é um elemento importante no regime espacial das águas pela questão da pluviosidade. Em áreas tropicais, devido aos elevados índices pluviométricos, existe a tendência à formação de grandes corpos d'água, como no caso do Rio Amazonas, cuja área de abrangência se situa em uma região de clima equatorial. Porém, em áreas de climas secos, como no semiárido nordestino, as chuvas são mal distribuídas e escassas, o que reverbera em corpos hídricos intermitentes e efêmeros na maioria dos casos.

Não obstante, as dinâmicas hidrológicas influenciam diretamente na modelagem do relevo terrestre, isto é, na geomorfologia da paisagem. Assim, a geomorfologia é o estudo das formas do relevo da superfície terrestre, que é resultado da ação dos agentes internos e externos. As ações perpetradas pelo fluxo das águas, como intemperismo e erosão, constituem-se em fatores externos de modelagem do relevo (JÚNIOR E BARROS, 2020). Nas regiões semiáridas é marcante a presença da termoclastia, ou seja, o intemperismo físico condicionado pela amplitude térmica entre o dia e a noite.

A esculturação do relevo se dá a partir da ação dos agentes externos, como: ventos, chuvas, rios, gelo e a participação humana. Dentre todos esses agentes, os rios são os principais que atuam externamente, tendo eles forte poder de transporte e deposição de sedimentos, o que ressalta o caráter decisivo das águas no afeiçoamento do meio natural. No semiárido nordestino, o principal agente erosivo é o Rio São Francisco, o único rio perene ali encontrado.

Com isso, pode-se perceber que os sistemas hídricos são mais complexos do que a maioria das pessoas imaginam, dependendo de inúmeros fatores, que ao fim e ao cabo fazem parte de um todo integrado, sem dissociação das partes estabelecidas. Com a ação dos seres humanos esses equilíbrios podem ser alterados, gerando rebatimentos negativos tanto para os sistemas naturais e, conseqüentemente, para eles mesmos, já que fazem parte da natureza.

No tocante a participação das sociedades, em que pese a breve aparição do *Homo Sapiens* no planeta Terra, que segundo Harari (2020) "surgiram na África Oriental há cerca de 2,5 milhões de anos", seus impactos no planeta já atingiram patamares surpreendentes. Nesse sentido, a água é um dos elementos naturais que têm sido fortemente impactado por tais ações.

Nesse ínterim, a água foi apropriada pelos grandes setores hegemônicos da sociedade como recurso e não como um bem natural indispensável à vida dos seres vivos, o que se dá a partir da emergência do modo de produção capitalista, o qual, se for considerado a história do planeta Terra, é um período efêmero. Em outras palavras, "os seres humanos" já se julgam donos do mundo e detentores dos recursos naturais.

Não se pode estudar a hidrografia dissociada do interesse humano, haja vista que no modo de produção capitalista tudo se torna mercantilizável, incluindo as águas,

havendo aí contradições, já que quem se apropria de fato são grupos específicos que atendem aos anseios da lógica de mercado, ou seja, a classe hegemônica.

Assim, a água utilizada como recurso atende aos interesses das grandes corporações que degradam o meio ambiente em busca da lucratividade. A partir disso, depreende-se que a crise hídrica não é pela pura e simples falta de água, pois o ciclo hidrológico a recompõe permanentemente. Nesse ínterim, segundo Silveira (2014, apud LIMA e HANAI, 2017, p.7), “O ciclo hidrológico, também muitas vezes denominado como ciclo da água, consiste no transporte e na movimentação da água entre os compartimentos ambientais, principalmente entre a superfície terrestre e a atmosfera”.

Some-se a isso, o fato de a água não estar distribuída regularmente pelo planeta. Existem áreas que respondem por grande parcela dos rios e aquíferos, tais como a região amazônica, na América do sul e a bacia do Congo, na África. Assim, a má distribuição propicia que em algumas áreas a água seja um bem extremamente estratégico e alvo de conflitos, como no Oriente Médio. Segundo Ribeiro (2008, p. 19):

[...] os conflitos têm no Oriente Médio seu ponto de maior tensão, envolvendo Israel, Palestina e Síria em torno do uso das águas do rio Jordão. Na América do Norte existe uma tensão resolvida de outra forma entre o México e seu poderoso vizinho.

Mesmo algumas regiões possuindo excedente hídrico, isso não significa que suas populações tenham acesso a água adequada à utilização, já que não existem investimentos em saneamento básico e tratamento. Compreende-se que o acesso à água na atualidade se dá mais pela sua apropriação desigual à lógica capitalista do que pela sua distribuição física.

Ademais, o nível de consumo da água entre os países é extremamente desigual, sendo os chamados desenvolvidos os grandes consumidores e degradadores, com destaque para os Estados Unidos, que segundo Ribeiro (2008) “[...] ficam com 46,6% da água usada pelos países da OCDE e com 12,5% da água consumida na Terra”. Em comparação ao país africano, Moçambique, os EUA consomem aproximadamente 34 vezes mais água.

Um outro ponto a se mencionar sobre essa questão é que o impacto para o destino final das águas se dá de forma desigual, pois a classe hegemônica causa danos maiores proporcionalmente nesse bem e as classes subservientes absorvem a maior parte das consequências da degradação. O acesso à água fica restrito e quando não, populações majoritariamente pobres e negras consomem águas contaminadas, seja por efluentes ou por pesticidas. Esse exemplo se constitui como um caso de injustiça ambiental, pois, os pesos e medidas são diferenciados conforme a classe social, além da cor da pele (ACSELRAD *et al*, 2008).

Assim, a questão hídrica não é simples como parece, pois os leigos acreditam que a água pode acabar literalmente, o que não é verdade, porém ela pode ser e já é indisponibilizada (em alguns locais do planeta) para as populações mais carentes, que são obrigadas a ingerir água de má qualidade, com lixos, agrotóxicos, efluentes domésticos e industriais, o que propicia doenças que “causam a morte de cerca de 30 mil pessoas por dia” (PETRELLA, 2004, p.11, apud MACHADO E TORRES, 2012).

LEI DAS ÁGUAS E A MERCANTILIZAÇÃO IMPLÍCITA DESSE BEM NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

A água é tratada na legislação brasileira como um bem de todos, mas existem incontáveis artifícios para esconder a sua mercantilização e seu acesso desigual, estando a população mais carente à mercê da dominação capitalista imposta aos meios de reprodução de vida. Assim, Ribeiro (2008, p. 117) explicita que a Política Nacional de águas é instituída pela Lei 9.433/1997 e afirma que:

O item “c” do parágrafo 12 trata do acesso à água. Ele afirma que todos, independente de nacionalidade, crença religiosa, gênero, de estar preso ou refugiado político, que estão sob a jurisdição de um estado membro devem ter acesso à água e as facilidades que ela pode trazer.

A água também é “protegida” pela legislação no que refere a qualidade e a quantidade desse bem, mas a realidade é totalmente outra, haja vista que os países centrais consomem e a degradam de forma exacerbada, bem como as minorias ricas dos países periféricos, tais como o Brasil, salientando que a culpa é muitas vezes atribuída à classe subserviente, os quais, apesar da quantidade, geram um impacto ínfimo em comparação aos mais ricos do planeta. Nesse sentido, a água apesar do respaldo da lei, é tratada como recurso econômico ao invés de bem inalienável à sobrevivência não só humana como de todos os seres vivos. Assim, Borba e Mercante (2001, apud ZAGO, 2007, p.28) exemplificam que:

Um dos recursos que tem recebido maior impacto é a água. As pressões sobre os recursos hídricos estão diretamente relacionadas ao modelo de desenvolvimento econômico, que se expressa pelo nível de consumo da sociedade e pela predominância regional de atividades econômicas distintas. À medida que a água bruta se torna um recurso hídrico, devido à demanda de atividades antrópicas, também cresce o conflito em torno de sua apropriação e uso, adquirindo valor, pois se torna um bem econômico.

Diante disso, nota-se a necessidade de repensar a gestão dos recursos hídricos com vistas a tratar essa questão de maneira mais rígida e justa. Com isso, a bacia hidrográfica é o nível elementar de gestão dos “recursos” hídricos no Brasil, a qual envolve diferentes níveis de ação social, quais sejam: usuários da água, líderes políticos, organizações não governamentais, além de cooperação entre usuários da água (comunidade geral, empresas, indústrias) e o poder público e privado, o que está ligado a gestão descentralizada da bacia hidrográfica. Assim, Taveira (2018, p. 131) salienta que:

A Lei de Águas de 1997 (Lei n. 9.433/1997) determina que qualquer usuário que utilizar a água para sua atividade econômica, seja pela captação de água para atividades de indústria, irrigação, dessedentação de animais, seja pelo lançamento de efluentes domésticos ou industriais, causando algum impacto qualitativo ou quantitativo sobre os recursos hídricos, deve obter autorização para isso por meio de outorga de direito de uso da água. Além da outorga, o usuário poderá ter de pagar por esse uso. A cobrança do uso da água não é uma multa e também não deve ser confundida com tarifa paga às empresas de saneamento das cidades (a conta de água). A

cobrança do uso da água é uma remuneração que se dá pelo uso de um bem natural, de domínio público e direito de todos. Deve ser cobrado de quem utiliza a água diretamente dos rios e demais corpos de água. Em resumo, quem usa e polui mais deve pagar mais, e quem usa menos e polui menos, deve pagar menos.

Entretanto, como os conflitos hídricos espalhados pelo mundo bem atestam, e o Brasil não foge à regra, esse acesso se dá de maneira desigual, fazendo com que haja contradição dentro da própria legislação, pois existe um desbalanço de pesos e medidas, em que o pobre muitas vezes não tem acesso à água e é culpabilizado pela crise hídrica causada de maneira mais incisiva pelos detentores de capitais.

Com isso, percebe-se que os verdadeiros culpados pelos impactos causados à água no Brasil são justamente o setor agropecuário e industrial, que não seguem as normas da Lei das Águas de 1997 (Lei n. 9.433/1997), justamente por serem fortes nas tomadas de decisões, ignorando tais ações. Assim, esses setores econômicos usam a água de modo exacerbado, retornando para natureza parcialmente poluída, sem nenhum tratamento e com descarte de efluentes nos canais, com elementos químicos perniciosos que serão utilizados pela classe subserviente. Assim, Barbosa *et al* (2019, p. 14) exemplificam que:

O lançamento de efluentes é outro impacto ambiental gerador de conflitos nas BHs. Além da reduzida oferta de água, a sociedade ainda se depara com o não tratamento adequado de esgotos industriais e domésticos gerados por atores institucionais governamentais como a Petrobras e institucionais não governamentais, como Associação de Moradores que tenham Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ); e com a ineficaz fiscalização de atores institucionais (IBAMA e ADEMA).

Não obstante, os aquíferos são considerados reservas subterrâneas e estão sendo alvos da apropriação econômica para desenvolver atividades voltadas ao agronegócio. Desta feita, muitos acreditam que o uso intensivo de agrotóxicos no solo não repercute impacto algum às águas subterrâneas, porém, depreende-se que isso é possível, sendo que Ribeiro *et.al* (2007, p. 3) corroboram ao dizer que:

O cultivo e manejo do solo exercem grande influência na qualidade das águas subterrâneas e nas taxas de recarga de alguns aquíferos. Algumas práticas agrícolas são capazes de causar contaminação difusa por nutrientes e pesticidas, especialmente em áreas com solos pouco espessos com boa drenagem, e ocasionar um aumento na salinidade das águas, especialmente em regiões mais áridas.

No sertão nordestino, as características físicas se combinam para formar um ambiente de difícil sobrevivência, em que a biota e a fauna local possuem adaptações para tanto. Dessa forma, a paisagem é dominada por extensas áreas de baixas altitudes, solos pedregosos, rasos e com pouca matéria orgânica, vegetação típica de caatinga, morros testemunhos isolados na paisagem (*inselbergs*) temperaturas altas, bem como baixos índices pluviométricos concentrados em poucos meses do ano.

Esta faixa de clima semiárido, envolve o que se denomina de Polígono das Secas, que abrange os estados de: Piauí, Ceará, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Alagoas, Paraíba, Rio

Grande do Norte e o Norte de Minas Gerais. Em todos esses estados o problema da seca, conjugado com as desigualdades sociais, é notório.

O Rio São Francisco é o único rio perene que perpassa por essa região, denotando aspecto crucial para manutenção da vida das populações locais, bem como dos animais que se utilizam do rio para dessedentação. Com a retirada das matas ciliares e com a deposição de sedimentos e efluentes, seus afluentes principais estão sofrendo com o processo de assoreamento, o que causa desequilíbrio natural deste rio.

Figura 1: Delimitação do polígono da seca no Nordeste Brasileiro



Fonte: ANDRADE, Manuel Correia de. Sertão ou Sertões. In: SILVA, J.B.; DANTAS, E.W.C. ; ZANELLA, M.E.; MEIRELES, A. J. A. Litoral e Sertão. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. Apud DANTAS, E. W. C. **O Nordeste desconstruído ou reconstruído?** Confins. 2019. Disponível em <<http://journals.openedition.org/confins/21089>>. Acesso em 21 mai 2022.

Por ser uma região com chuvas escassas, ao se utilizar dos afluentes intermitentes de maneira intensa, há um cenário de estresse hídrico, que ocasiona na falta de água para abastecer às populações. Como a falta de água é uma problemática nessa área, ela passa a ter valor econômico ainda maior em relação a outras localidades, ficando nas mãos do poder local, cuja influência política remonta aos tempos da República Velha do Brasil.

Esses coronéis, juntamente com as forças políticas locais, possuem alternativas para dirimir a problemática da falta de água, mas para se manterem influentes perpetuam essa condição, que é uma forma de ocultar seus verdadeiros interesses, ou seja, obter votos da população local em tempos de eleições, através das trocas de favores. Esses políticos promovem “benefícios” que sanam o problema temporariamente sem pensar à longo prazo, justamente porque seu interesse não é pelo bem da população, mas para alavancar seu prestígio junto a estes.

Como o rio São Francisco é o único rio perene da região, ele tem uma influência substancial para manutenção da vida do sertanejo. Entretanto, no capitalismo tudo é mercantilizável, até mesmo a própria água, que é um bem vital. Diante desse quadro, as populações subservientes se veem privadas desse bem natural e, quando há políticas públicas voltadas para atendê-los, como a transposição do Rio São Francisco, esta atende aos anseios das classes hegemônicas das regiões (FERREIRA E PENHA, 2018).

Empreendimentos como as usinas hidrelétricas desequilibram o balanço hídrico do rio, afetando principalmente às populações ribeirinhas e outros animais, os quais se utilizam dessas águas para dessedentação. Souza (2000, p. 9) corrobora com essa ideia ao relatar que: “as obras hidrelétricas, de uma forma geral, produzem grandes impactos sobre o meio ambiente, que são verificados ao longo e além do tempo de vida da usina e do projeto, bem como ao longo do espaço físico envolvido”.

A Usina Hidrelétrica de Xingó, que fica localizada entre os municípios de Canindé de São Francisco (SE) e Piranhas (AL), a despeito dos benefícios gerados através da água captada para projetos de irrigação e geração de energia elétrica, alterou a dinâmica natural e social da região, especialmente à jusante, onde a vazão se viu afetada. Com isso, algumas práticas como a rizicultura, tornaram-se inviabilizadas e cada vez mais a água do mar adentra o curso do rio, gerando desequilíbrios ecológicos.

Longe de querer sanar esse problema e esgotar o debate, infere-se que a Lei das Águas de 1997 (Lei n. 9.433/1997) comete um equívoco ao estabelecer um valor econômico à água quando estabelece questões de quem deve pagar mais ou menos por esse bem, quando na verdade não deveria existir essa mercantilização, sem contar que os grandes detentores de capitais não pagam proporcionalmente pela quantidade que consomem, além de impactar e não receberem nenhuma punição. Ao fim e ao cabo, quem é punido de fato são as populações de baixo poder aquisitivo.

Assim, a água na região semiárida do Nordeste ganha um valor econômico ainda maior em detrimento a outras regiões, já que ali há escassez desse bem. Com os altos índices de desigualdade social, as classes subservientes se veem à mercê da apropriação político-econômica dos grupos influentes locais, os quais se utilizam da água como estratégia para receber votos em tempos de eleição e perpetuar a dependência em relação a estes.

Diante disso, nota-se que a hidrografia é um sistema complexo que relaciona os aspectos naturais e sociais, pois o ser humano, querendo ou não, faz parte da natureza e a transforma segundo suas necessidades. Sem a água, não é possível construir as bases materiais de sobrevivência que sustentam as diferentes sociedades.

Os aspectos naturais como natureza da rocha, relevo, zona climática, vegetação, solos, tudo isso se relacionam para influenciar na distribuição das águas ao redor do planeta. O ser humano é um dos principais agentes externos que alteram na distribuição das águas, pois é capaz de construir obras de captação e realocá-la em grandes quantidades.

Com os avanços tecnológicos e o desenvolvimento econômico, propiciado pelo modo de produção capitalista, cada vez mais influi menos a desigual distribuição das águas pelo planeta. A apropriação econômica tem sido mais relevante para privar o acesso a determinados grupos sociais, o que reverbera em conflitos sociais.

Com isso, os conflitos em relação aos usos múltiplos das águas são problemáticas que permeiam o mundo. O Brasil, apesar do seu potencial hídrico, sofre com problemas relacionados ao uso desigual e a má distribuição para as populações deste país. As pessoas mais afetadas não são quaisquer cidadãos, mas sim aqueles que servem aos anseios do capital, ou seja, os pobres.

Tendo em vista que a área de estudo deste trabalho foi o semiárido nordestino, cuja complexidade natural e social é grande, as características edafoclimáticas da região atestam a sua escassez hídrica, pois os índices pluviométricos além de serem amenos durante o ano, são mal distribuídos. Como a água é escassa nessa região, ela passa a ter valor econômico ainda maior se comparado a outras localidades.

Como tudo no sistema de produção capitalista é mercantilizado, a água não foge à regra, sendo que no semiárido, ela é apropriada por grupos específicos, os quais exercem influências políticas e econômicas. Assim, estes grupos definem, muitas vezes, usos e concessões das águas para poderem permanecer no poder da região, sendo a água, uma garantia de obter votos e subserviência por parte da população, que ainda vivenciam as práticas de cunho coronelista.

Quando do desenvolvimento de políticas públicas para dirimir a problemática da seca no nordeste brasileiro para as populações carentes, essas obras não passam de algo que beneficia de forma passageira e, quando o projeto é duradouro, como a transposição do Rio São Francisco, este atende aos grupos de maior poderio econômico local.

Com isso, a correlação entre pobreza e seca não é de todo válida, já que as desigualdades econômicas e a concentração dos usos das águas privam a população de acesso a condições para subsistir neste ambiente hostil. A pobreza existe, pois o capital se desenvolve através das desigualdades sociais presentes no espaço, ou seja, para que haja riqueza, necessita haver a perpetuação da pobreza.

A Lei das Águas 9.433/1997, assegura que a água é um bem vital e que é direito de todos, mas ao mesmo tempo esta se torna um recurso, pois se estabelece valor econômico. Verifica-se contradições na própria lei, pois se a água é um bem indispensável à vida de todos e o poderio econômico das pessoas é desigual, jamais deveria haver sua mercantilização.

Diante disso, nota-se as contradições inerentes ao sistema capitalista e que influenciam não somente no ciclo natural e na cadeia sistêmica que envolve as águas, mas também nos usos desiguais, os quais acabam gerando conflitos entre as distintas sociedades, principalmente em regiões em que há escassez hídrica, como no

semiárido nordestino. Como no atual modo de produção as leis não são seguidas e favorecem à classe burguesa, a Lei das Águas 9.433/1997 segue essa mesma lógica, pois define que a água é dotada de valor econômico, o que abre espaço para contradições que favorecem aos detentores de capitais e coronéis regionais.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, a água possui múltiplas conexões com os sistemas naturais aos quais pertence, ou seja, o sistema hídrico se conecta com o sistema geomorfológico, climático e biológico, influenciando e sendo influenciado por estes. Caso haja a dissociação entre cada uma dessas partes, o todo se vê comprometido.

Dentro dos fatores biológicos, a ação humana é protagonista nas transformações naturais, seja de forma positiva, ou negativa e a água é um dos bens naturais que o homem impacta e se apropria.

Com isso, a água deixa de ser um bem vital a todos os seres vivos, e passa a ser mercantilizada pela classe hegemônica, passando a ter valor de troca em detrimento do valor de uso. No nordeste brasileiro, em sua porção semiárida, observa-se essas contradições de maneira evidente, já que ali a água passa a ter um valor econômico ainda maior, pois ela é escassa.

Diante disso, com a escassez hídrica conjugada aos problemas sociais, nota-se como as características do ambiente se relacionam com a construção do espaço social pelos homens, o que faz desse bem vital, um recurso que está a favor da acumulação de capital e troca de favores entre os grupos regionais. Isso não passa de uma construção humana, pois a natureza não está a serviço destes, ou seja, não perpetra as desigualdades sociais.

Por isso, quando se associa pobreza e seca no Nordeste Brasileiro, isso não determina a condição dessas pessoas, prova disso são os grupos hegemônicos, os quais possuem somas elevadas de capitais e conseguem produzir riqueza mesmo em situações adversas, como nos perímetros irrigados, mas sim a desigualdade socioeconômica, a qual é condicionada pelo sistema.

Portanto, os imperativos econômicos e políticos muitas vezes definem essa distribuição desigual da água em um local, o que ocasiona em conflitos por esse bem, já que sem a água nenhum ser vivo consegue sobreviver, sendo o que acontece nesta região. Assim, a mercantilização da água é realidade no semiárido nordestino e é condicionada por desigualdades socioeconômicas e não pelo quadro de escassez em si, como muitos querem atestar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos imensamente à professora Dr^o. Alberlene Ribeiro de Oliveira, cujas contribuições permitiram horizontes para produção deste texto, além dos incentivos durante o processo de confecção deste artigo, suporte quando da necessidade de sanar dúvidas a respeito de materiais bibliográficos que seriam de valia. Os nossos agradecimentos, também, à professora Dr^o Katinei Santos da Costa, por todo o apoio que nos deu. Além disso, agradecemos ao professor Dr^o. Daniel Almeida da Silva, por nos ter instigado a acreditar no nosso potencial e tomar gosto pela pesquisa geográfica.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, Henri; MELO, Cecília Campello de Amaral; BEZERRA, Gustavo das Neves. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond. 1ºed, 2008.
- BARBOSA, A.M.F. et al. Bacias hidrográficas e os conflitos pelos usos das águas no estado de Sergipe. **Confins**. n.40, 2019. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/20493>. Acesso em: 13 mar. 2022.
- FERREIRA, José Gomes; PENHA, Ivaneide Fontes da. O mito da prosperidade na transposição das águas do rio São Francisco. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE AMERICANISTAS, n. 56, 2018, Salamanca. **Estudios Sociales**. Ediciones Universidad de Salamanca es miembro de la UNE Unión de Editoriales Universitarias Españolas, 2018. Disponível em: [\(PDF\) O mito da prosperidade na transposição das águas do rio São Francisco \(researchgate.net\)](#). Acesso em: 03 maio, 2022.
- LIMA, Raul Sampaio de; HANAI, Frederico Yuri. Abrangência do conceito de ciclo hidrológico e abordagens das relações humanas com a água na pesquisa científica. **Revista Espacios**. Vol. 38, n.9, 2017, p.7. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n09/a17v38n09p07.pdf>. Acesso em: 19 maio, 2022.
- MACHADO, Pedro José de Oliveira; TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. **Introdução à hidrogeografia**. 1ª.ed. São Paulo: CENGANCE Learning, 2012.
- MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula. **Hidrogeomorfologia**. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.
- RIBEIRO, M.L. et al. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **SciELO Brasil**, v.30, n. 3, 688-694, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/8hhqVmgS7Kc9vgKdSYPRjP/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- RIBEIRO, Wagner Costa. **Geografia política da água**. 1ª.ed. São Paulo: Annablume, 2008.
- SILVA, Daniel Almeida da. **Nos (dos) meandros ambientais: a natureza das águas urbanas em Aracaju**. 2016. Tese (doutorado)- Curso de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.
- SOUSA, Wanderley Lemgruber de. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens**. Tese (mestrado)- Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- TAIOLI, Fabio. **Decifrando a Terra**. Companhia Editora Nacional. 2º ed, 2007.
- ZAGO, Luis Henrique. O método dialético e a análise do real. **kriterion**, Belo Horizonte, nº 127, Jun./2013, p. 109-124. Disponível em: [Miolo Revista Kriterion Num127.indd \(scielo.br\)](#). Acesso em: 21 maio, 2022.
- ZAGO, Valéria Cristina Palmeira. A valoração econômica da água - uma reflexão sobre a legislação de gestão dos recursos hídricos do Mato Grosso do Sul. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**. v. 8, n. 1, mar. 2007. Disponível em: [A valoracao economica da agua uma reflexao sobre a.pdf](#). Acesso em: 13 maio, 2022.

“DA ETERNA LUTA COM O SOL” À UTILIZAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS: EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ - BRASIL

Débora Raquel Freitas da Silva Chaves
Francisco Amaro Gomes de Alencar

INTRODUÇÃO

Dos romances literários sobre o sertão às grandes obras de infraestruturas em combate e/ou convivência com a seca ao longo do século XX, tem-se visto no Nordeste Brasileiro uma verdadeira luta contra o sol e contra as consequências que a radiação excessiva deste ocasiona. Romances consagrados como “Grande sertão: veredas”, de Guimarães Rosa e “O quinze”, da cearense Rachel de Queiroz, trazem em suas páginas histórias que foram marcadas pela seca que revela a escassez das chuvas e a abundância de sol sobre o solo. Destarte, uma imagem do semiárido nordestino foi sendo produzida e (re) produzida em todo o país, rotulando o sertão como lugar inóspito e, o homem do sertão, um estereótipo brasileiro digno de pena.

Conforme Dantas (2020, p.7), o semiárido brasileiro compreende mais de “1 mil municípios, muitos dos quais apresentam péssimos indicadores econômicos e sociais – que estão entre os piores do país – e sofrem de sérios problemas de desigualdade na distribuição de terras”.

Contudo, nas últimas décadas do Século XX até os dias atuais, o imaginário do semiárido cearense, sobretudo em sua faixa litorânea, foi sendo transformado a partir de práticas marítimas modernas como o turismo de massa e o veraneio, da carnicultura, da produção de energia eólica (LIMA, 2002; 2009).

Nos últimos anos, percebe-se, também, o surgimento de um novo imaginário sobre este mesmo sol, que, ao invés de trazer crise, revela progresso e tecnologia. Trata-se, portanto, da geração de energia elétrica a partir da energia solar fotovoltaica.

Assim, o semiárido brasileiro, e porque não dizer, cearense, é caracterizado por duas condições climáticas antagônicas: escassez de água e abundância de irradiação solar. Esta conjuntura prevê uma intensificação de crises hídricas ao longo do tempo e, uma possibilidade de geração de energia fotovoltaica como alternativa para uma segurança energética (DANTAS, 2020).

Agora, a intensa radiação solar, condição essencial para o desenvolvimento da vida e, também, das multiformes fontes de energia no planeta – vento, água, entre outros, torna-se a vantagem geográfica para a geração de energia elétrica. Partindo da necessidade urgente de desenvolver fontes alternativas de energia, o Brasil nas últimas duas décadas tem investido no aprimoramento de tecnologias e expandido sua matriz energética (SILVA, 2015).

Por sua posição geográfica, o Nordeste Brasileiro, sobretudo, o Estado do Ceará, localizado quase que em sua totalidade no clima semiárido, teve sua vocação comprovada, com elevados índices de radiação solar anual, para o desenvolvimento da energia solar através de painéis fotovoltaicos.

Tem-se percebido que, a partir de um incentivo do Estado, a energia solar fotovoltaica tem se expandido no Ceará, sobretudo no espaço sertanejo, que, anualmente, sofre as consequências da elevada radiação solar associadas ao regime climático que revela no espaço a ausência da disponibilidade de água e a diminuição da produção agrícola por conta dos anos de seca.

O objetivo deste trabalho é analisar a expansão da energia solar fotovoltaica no Ceará/Brasil nas últimas duas décadas, evidenciando os moldes pelos quais ela tem se desenvolvido – geração distribuída e centrais geradoras.

Assim, este artigo explicita a realidade da produção do espaço do semiárido cearense a partir da geração de energia solar fotovoltaica. No primeiro momento realiza-se uma reflexão sobre o conceito de energia de maneira ampla, energia solar fotovoltaica para então, fazer a distinção entre as modalidades de geração de energia solar – a saber, por centrais geradoras e a geração distribuída.

Com o foco principal nas centrais geradoras, posteriormente, será apresentado onde tais usinas estão especializadas, quais ainda estão por se instalar, quais relações e efeitos sobre o espaço do semiárido tais empreendimentos tem gerado, traçando, assim, um panorama futuro do espaço produzido a partir da geração de energia solar.

O presente artigo faz parte da pesquisa de doutoramento cujo objeto de estudo é o espaço semiárido cearense no contexto da produção de energia solar fotovoltaica nos últimos 10 (dez) anos.

CAMINHO METODOLÓGICO

O caminho metodológico escolhido contou com três momentos distintos. Num primeiro momento realizou-se uma revisão de literatura sobre temas referentes ao conceito de energia, energia solar fotovoltaica, modalidades da geração de energia bem como a produção do espaço. Também foi feita uma revisão de literatura sobre os conceitos-chave da geografia de espaço e rede. Realizou-se nesta etapa um levantamento bibliográfico sobre a história da expansão da produção de energia solar fotovoltaica no Ceará.

Concomitantemente a esta etapa, a pesquisa teve em seu segundo momento visitas a duas centrais geradoras de energia solar fotovoltaica e uma à geração distribuída, onde foi feito o reconhecimento dos espaços a serem estudado. Foram coletadas, nesse momento, impressões gerais sobre a dinâmica das usinas, os principais impactos ambientais gerados bem como a relação desses empreendimentos com as comunidades ao seu redor.

Nesse momento, realizou-se registros fotográficos, análise da infraestrutura, observação da paisagem, diálogos e entrevistas com representantes dos empreendimentos membros da comunidade local.

A terceira etapa, por conseguinte, tratou de sistematizar os dados coletados que fazem parte da pesquisa do doutorado.

Nesse sentido, o caminho metodológico contou com um levantamento bibliográfico qualitativo e quantitativo sobre o desenvolvimento desta fonte de energia, bem como trabalhos de campos a usinas de painéis solares.

DO CONCEITO DE ENERGIA À CHEGADA DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NO BRASIL

Numa perspectiva da ciência física, a energia é definida “como a capacidade de produzir trabalho. Este, por sua vez, é definido como o produto de uma força pelo deslocamento que ela provoca na direção em que é exercida” (NOVA, 1985, p. 33). Ela pode ser encontrada em muitas formas, no vento, na água corrente e pode também ser armazenada em matéria, como é o caso petróleo, carvão mineral e vegetal e gás natural.

A conquista do ser humano com relação aos recursos energéticos disponíveis na natureza, ao longo dos anos, está em aprender como utilizá-los e colocá-los à disposição de suas necessidades sem que, para isso, tenha que armazená-los no seu corpo, ampliando assim, a sua capacidade de produzir trabalho (NOVA, 1985). Digase de passagem, esta energia é a matéria pela qual é possível transformar outras matérias, ou seja, no sentido físico estrito, ela é a própria capacidade de realizar trabalho (PORTO-GONÇALVES, 2013).

É irrefutável, então afirmar que a energia, por sua importância estratégica na produção do valor na sociedade capitalista, é a grande locomotiva do desenvolvimento e progresso e que tudo mais é vagão (MAB, 2013). Essa crescente geração/dependência de energia, sobretudo a elétrica, trata-se da emergência do capitalismo que gera necessidades, a partir da natureza, de acelerar a produtividade do trabalho (SMITH, 1988).

Concordando com esta ideia, Altmann (2002, p.14), escreve que

A disponibilidade de energia é base importante da existência humana, essencial à satisfação de necessidades básicas tais como alimentação, vestuário, habitação e também de mobilidade e comunicação. A fome de energia parece não ter limites em todo o mundo. Não são apenas os países em desenvolvimento que fazem valer seu legítimo direito ao crescimento econômico. Também nos países altamente industrializados não se consegue vislumbrar um cenário de satisfação plena desta demanda. Entretanto, o elevado consumo de energia e as correspondentes emissões de dióxido de carbono á ameaçam a estabilidade ecológica da Terra. Ao mesmo tempo, os conflitos pela distribuição das últimas reservas de petróleo e gás ameaçam a sociedade civil (ALTMANN, 2002, p.14).

A demanda e a oferta de energia de determinada nação estão diretamente relacionadas ao seu desenvolvimento econômico, social e, até mesmo, político.

Durante as crises do petróleo no século XX, a necessidade do desenvolvimento de tecnologias energéticas limpas e renováveis tornou-se latente e condição *sine qua non* para o crescimento econômico das nações. A nível mundial, de 1973, ano em que a crise do petróleo teve seu início até à primeira década do século XXI, período em que o desenvolvimento tecnológico estabilizou o uso de fontes alternativas como solar e eólica, o consumo de energia elétrica, proveniente de todas as fontes (combustíveis fósseis, hidro, solar, eólica e biomassa), só vem crescendo (SILVA, 2015).

Especialmente no último quartel do século XX, um novo contexto socioeconômico, isto é, da globalização, surgiu e trouxe consigo novas políticas energéticas que possibilitam o desenvolvimento de novas fontes alternativas como a eólica, solar e a biomassa, fossem desenvolvidas (OLIVEIRA; ARAÚJO, 2005).

Percebe-se que, a busca pelo desenvolvimento de fontes energéticas estáveis e duráveis é fundamental para a satisfação das necessidades básicas ou não da sociedade bem como índice que possibilita um legítimo crescimento e desenvolvimento econômico.

Tratando especificamente da política energética brasileira, nota-se que, o governo, ao invés de fundamentar seu modelo energético em fontes limpas e renováveis (para além da fonte hídrica que contém o problema da sazonalidade), trouxe soluções pouco adequadas e sustentáveis.

Conforme Bursztyn (2020, p.2),

(...) a crise energética, que em grande medida resulta de uma da crise hídrica, expôs o Brasil à necessidade de adotar soluções paliativas ao fornecimento de eletricidade, com a instalação de geradores termelétricos, cuja operação é cara e as emissões de carbono bem maiores (BURSZTYN, 2020, p.2).

Em comparação com outros países e levando em consideração seu potencial, o Brasil avançou timidamente na geração de energia solar fotovoltaica. Bursztyn (2020) ainda salienta que, o não desenvolvimento rápido brasileiro na energia fotovoltaica se dá aos entraves e limitações de ordem institucional, elevados custos de instalação dos equipamentos e incentivos incipientes. O autor ainda comenta que

(...) A região nordeste (...) é a região que dispõe de condições mais favoráveis, no contexto brasileiro, em termos de potencial residencial/consumo residencial. (...) A título comparativo, o padrão brasileiro é bem diferente, por exemplo, do de países que dispõem de menos potencialidades (pela pouca insolação), como é o caso da Alemanha, cuja matriz energética atual é 28% de fonte eólica e 21% de fonte solar (Bursztyn, 2020, p.2).

Evidencia-se que, ser geograficamente favorável à geração de energia solar fotovoltaica não é o suficiente para tornar possível a implantação desta técnica. Sobre isso, Santos (1997, p. 47) escreve

Há uma idade científica das técnicas, a data em que, num laboratório, elas são concebidas. Mas isso pode ter apenas importância para a história da ciência. E, ao lado dessa idade científica, há uma idade propriamente histórica, a data em que, na história concreta, essa técnica se incorpora à vida de uma sociedade. Na realidade, é aqui que a técnica deixa de ser ciência para ser propriamente técnica. Esta somente existe quando utilizada. Sem o sopro vital da sociedade que a utiliza, o que há é talvez um objeto, uma máquina, mas não propriamente uma técnica. De um ponto de vista propriamente histórico é esta a data que conta: é aí que se estabelece a certidão de batismo universal da nova técnica. (SANTOS, 1997, p.47)

Dessa forma, as consequências da nova ordem mundial produziram no global e no local, diversos espaços e territórios. Enfim, é colocado em curso não somente uma

nova matriz ou transição energética, mas também, um “rearranjo nas relações sociais e de poder por meio da tecnologia” (PORTO-GONÇALVES, 2012, p.333).

É nesse contexto que as alternativas técnicas para geração de energias limpas passam a se tornar viáveis no semiárido brasileiro. Na zona costeira, vê-se de maneira preponderante, a implantação de parques eólicos e, na depressão sertaneja, das usinas solares fotovoltaicas.

GERAÇÃO CENTRALIZADA E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA – DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.

Para melhor entender a dinâmica entre o consumo e a distribuição de energia elétrica, seja esta por fonte solar fotovoltaica ou outra fonte renovável, vale a pena diferenciar, conforme a legislação elétrica atual brasileira, como se dá as categorias pelas quais podem ser comercializadas as fontes de energia conforme sua produção/geração.

De modo geral, a energia elétrica no Brasil pode ser gerada em dois ambientes distintos, a saber: o Ambiente de Contratação Regulado (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre. O ambiente de contratação livre é dominado pela relação de mercado – comprador e vendedor, enquanto, o ambiente de contratação regular tem a importante regulação vinda das agências do Estado Brasileiro (EPE, 2014).

Desse modo, as usinas e centrais geradoras são estabelecidas a partir de leilões regulados pela ANEEL, e, toda a energia gerada por elas deve ser transmitida e interligada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, integrante do Sistema Interligado Nacional – SIN, que, por sua vez, destinará a distribuição da energia para os espaços específicos no sistema.

A geração distribuída, por sua vez, faz parte do ambiente de contratação livre, não sendo necessário, portanto, concorrer com outras empresas através de mecanismos como o leilão reverso. Ocorre que, na geração distribuída, o próprio consumidor pode gerar sua energia para fim específico ou contratar uma empresa para tal. Significa dizer, portanto, que na geração distribuída a energia gerada não é administrada ou transmitida pela ONS ou SIN. Ela é de responsabilidade do consumidor que também pode ser o gerador.

Conforme a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2019), a energia solar fotovoltaica inicialmente foi incluída pelo Ministério de Minas e Energia – MME nos leilões de energia A-3/2013 e A-5/2013 competindo igualmente com outras energias renováveis já consolidadas no país como a energia eólica. No entanto, à época, nenhum projeto fotovoltaico fora vendido uma vez que, os custos para a implantação do mesmo, ainda eram muito altos.

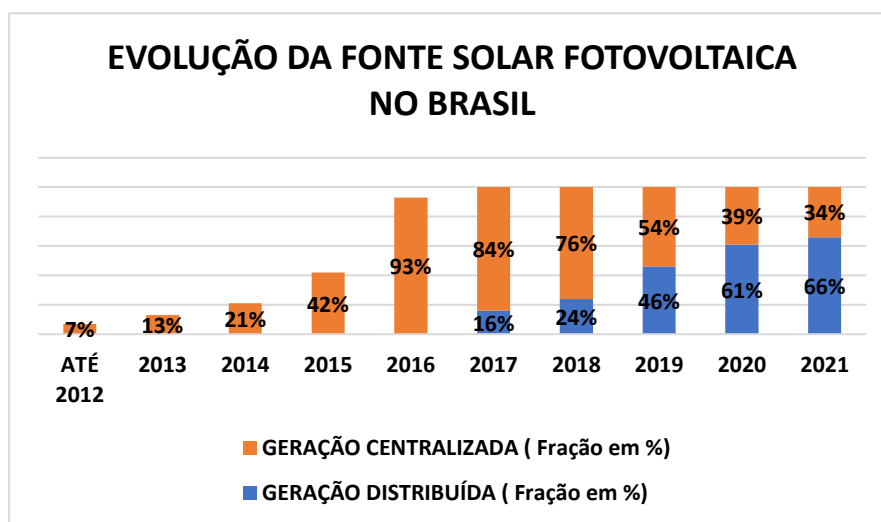
Posteriormente, no leilão nº008/2014, o governo realizou novo Leilão de Energia de Reserva 2014, específico para a fonte solar. Fora nesse período que o preço médio para contratação era de R\$ 215,12MW/h. Em 2015, um novo leilão fora realizado e, agora, resultou na contratação de 231,5MW médios, materializado na contratação de 33 empreendimentos de fonte solar (NASCIMENTO, 2017).

Em 2019, a conclusão do cadastramento para o Leilão A-4/2019 feita pela EPE apresentou um montante de 1581 projetos cadastrados, totalizando 51.024 MW de capacidade instalada, sendo as mais representativas as fontes solar fotovoltaica e eólica, com 751 projetos cadastrados em cada (EPE, 2019).

É notável, nesse sentido que, cinco anos após os primeiros leilões com inclusão de energia solar fotovoltaica, esta fonte tem se tornado mais viável no mercado brasileiro.

O gráfico a seguir, produzido a partir de dados fornecidos pela própria Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR, demonstra que tanto a geração distribuída quanto a geração centralizada têm crescido no Brasil, sobretudo nos últimos cinco anos, com destaque ainda maior para a geração distribuída (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.



Fonte: Aneel/ Absolar, 2022.

O Brasil, de acordo com a Absolar (2022) está na 13^ª (décima terceira) posição no *ranking* mundial contando com 13,6gW de potência instalada, somando geração distribuída e geração centralizada. Levando em consideração a jovialidade do desenvolvimento desta fonte alternativa, podemos perceber que, no Brasil, a energia solar fotovoltaica tem grande vantagem socioeconômica.

Dessa maneira, o espaço, não só no semiárido nordestino, mas em todo território brasileiro, vai sendo construído, a partir das relações de poder e de ordenamento territorial ligados à geração de energia. Corroborando com esta ideia, Santos (1997) disserta que

A paisagem existe, através de suas formas, criadas em momentos históricos diferentes, porém coexistindo no momento atual. **No espaço, as formas de que se compõe a paisagem preenchem, no momento atual, uma função atual, como resposta às necessidades atuais da sociedade (grifo nosso).** Tais formas nasceram sob diferentes necessidades, emanaram de sociedades sucessivas, mas só as formas mais recentes correspondem a determinações da sociedade atual (...). (SANTOS, 1997, p.84)

Acredita-se que, um dos grandes gargalos para um maior e mais rápido avanço da energia solar fotovoltaica no Brasil seja a ausência de uma política industrial competitiva que reduza os componentes e equipamentos produzidos no País, tais

como kits de sistema solar fotovoltaicos, inversores fotovoltaicos, módulos e baterias (ABSOLAR, 2022).

Essa falta de política industrial onera a cadeia produtiva fazendo com que, tanto os grandes empreendimentos como os minigeradores optem por equipamentos e componentes importados, em sua maioria advindos de multinacionais chinesas e europeias. São, como denominou Santos (1997, p.146), sistemas técnicos invasores, que “incluem as instituições supranacionais, as empresas e bancos multinacionais.”

Porto-Gonçalves e Quental (2013, p.7) irão atrelar a chegada de empresas estrangeiras a partir das técnicas e da tecnologia ao processo de *colonialidade do saber e poder*. Acontece que, mesmo com o término do colonialismo que era uma forma de dominação “político-econômica e jurídico-administrativa das metrópoles europeias sobre suas colônias” que envolvia conquista e submissão das populações encontradas, os ideais ou influências eurocêntricas permaneceram na América. A este processo, os autores chamam de colonialidade. Trata-se de um processo onde as relações de poder são mais duradouras e profundas, onde as formas se mantêm enraizadas “nos esquemas culturais e de pensamento dominante, legitimando e naturalizando as posições assimétricas em formas de trabalho, populações, subjetividades, conhecimentos e territórios” no mundo contemporâneo.

Apesar disso, vale a pena ressaltar que, de todas as outras opções de produção de energia elétrica, a fotovoltaica foi a que teve o melhor desempenho no que diz respeito ao seu custo de produção (redução média de 86%), seguida somente pela queda nos equipamentos ligados à energia eólica (BURSTYN, 2020).

DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SEMIÁRIDO CEARENSE

Sabe-se que a variabilidade do regime de chuvas no semiárido cearense traz consigo consequências prejudiciais no que diz respeito à manutenção da agropecuária, plantios irrigados, abastecimento das famílias camponesas e, até mesmo, produção pesqueira.

Nos últimos 10 anos, tem-se verificado uma variabilidade pluviométrica persistente e desfavorável que prejudicou, sobretudo, a vida do homem do campo. Além disso, os anos de seca tem obrigado os municípios a realizarem racionamento de água.

Essa “abundância” de irradiação solar, no entanto, também abre possibilidades para o crescimento das instalações de placas fotovoltaicas. Devido sua posição geográfica, o Ceará permite que a geração solar fotovoltaica seja maximizada, o que gera expectativas promissoras para o desenvolvimento desse setor energético (OLIVEIRA; GUERRA; 2021).

Tratando-se do contexto nacional, o Ceará tem se consolidado como o Estado nordestino com maior potência instalada, sendo seguido pelos Estados de Pernambuco, Bahia e Piauí.

No total, os sistemas fotovoltaicos instalados (de micro e minigeração, principalmente) no Ceará já somam 9.362 e estão presentes em 179 dos 184 municípios. Sua capital, Fortaleza, destaca-se com uma representatividade de aproximadamente 39 mil kW de potência instalada, colocando-a como a quinta

colocada no ranking municipal de geração distribuída do País (ABSOLAR, 2022; OLIVEIRA; GUERRA; 2021).

Em 1992, na cidade de Cordeiros, os primeiros sistemas instalados no Ceará foram capazes de transformar a energia solar em energia elétrica. Tal projeto, conforme Oliveira e Guerra (2021) foi elaborado em parceria estabelecida entre o Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), o Laboratório Nacional de Energia Renovável dos Estados Unidos (NREL) e a Companhia Energética do Ceará (COELCE).

O objetivo principal do projeto Luz do Sol era atender o total de 14 (catorze) vilas localizadas no interior do Estado que não recebiam, à época, eletrificação por meio da Coelce, então concessionária. Com a conversão da energia solar para energia elétrica, estima-se que mais quase 500 residências puderam ter acesso a luz elétrica (ver tabela 1).

Conforme a CRESEB (2006), além das 14 vilas residenciais assistidas pelo projeto Luz do Sol, também foram instalados sistemas solares para iluminação pública e escolar.

O projeto se manteve em operação até o ano de 2004. Percebe-se, a partir da tabela 1 que, as localidades atendidas por esse projeto pioneiro e inovador localizavam-se na Vale do Curu (Apuiarés, General Sampaio, Pentecostes e Itapipoca), no Baixo Jaguaribe (Alto Santo), no Sertão Central e de Canindé (Quixadá e Canindé) e, por Região Metropolitana de Fortaleza (São Gonçalo do Amarante).

Tais municípios possuem uma baixa variação no que diz respeito a radiação solar, sobretudo porque estão localizados em regiões com baixa ou moderada altitude associados ao clima semiárido.

Tabela 1. Localidades contempladas pelo projeto Luz do Sol, pioneiro em sistemas fotovoltaicos no Ceará. Fonte: CRESEB, 2006.

LOCALIDADE		NÚMERO DE SISTEMAS RESIDÊNCIAIS
VILA	MUNICÍPIO	
Baixio Grande	Alto Santo	55
Alto Grande	Apuiarés	12
Lagoa das Pedras	Apuiarés	42
Bonitinho	Canindé	73
São Serafim	Canindé	65
Riacho das Pedras	General Sampaio	7
Cajazeiras	General Sampaio	10
São Tomé	Itapipoca	35
Lagoa da Cruz	Itapipoca	62
Bastiões	Itapipoca	33
Irapuá	Pentecoste	26
Cacimbas	Pentecoste	11
Lagoa do Feijão	Quixadá	32
Cordeiros	São Gonçalo do Amarante	29
TOTAL		492

É importante salientar que, apesar do sucesso do projeto Luz do Sol, a primeira usina fotovoltaica na modalidade geração centralizada só fora inaugurada em 2011, no município de Tauá (distância de 343 km de Fortaleza). Tal empreendimento, apesar de gerar inicialmente 1 MW, contava com 4.680 painéis fotovoltaicos, capazes de abastecer 1,5 mil residências.

Com a chegada desta usina solar fotovoltaica em Tauá, percebeu-se um movimento do próprio capital, em direção ao sertão cearense – a saber, hotéis e indústrias. Conforme entrevista dada no período da inauguração da usina, que era pioneira em toda a América Latina, o engenheiro Fernando Moura (gerente de projetos da MPX, até então proprietária da Usina de Tauá) explicou que a usina “mexeu” com a cidade atraindo duas indústrias e dois hotéis (G1, 2011).

Esse empreendimento, por sua vez, tornou-se um rascunho do espaço produzido por e a partir da instalação de empreendimentos voltados à geração de energias alternativas, sobretudo solar fotovoltaico. O espaço cearense, e, porque não dizer, o próprio sertão cearense, recebe a partir de então um novo agente transformador que modifica, uma vez mais, o espaço até então agrícola para uma nova atividade.

Sobre isso, o professor Milton Santos (2011), em seu livro *Economia Espacial* explica

O fenômeno é facilmente verificável, por exemplo, quando da introdução de uma agricultura comercial nas regiões de economia de subsistência. Os primeiros movimentos de capitais e de homens que acompanham a instalação da nova atividade desencadeiam uma série de outros movimentos que resultam numa redistribuição da população e dos capitais disponíveis sobre espaços mais amplos [...] Os equilíbrios tradicionais foram rompidos e as parcelas de espaço, que viviam anteriormente de acordo com uma dinâmica própria, passaram desde então a participar de um sistema mais amplo cujo domínio escapa as sociedades locais (SANTOS, 2011, p.140).

A partir de então, novos projetos de geração de energia solar fotovoltaica, no semiárido cearense passam a se tornar viáveis, tanto no âmbito da geração centralizada quanto no âmbito da geração distribuída. O Estado, por sua vez, se empenha a atrair investimentos nacionais e internacionais que irão tornar possível o desenvolvimento desta fonte.

Corroborando isso, em 2019, fora publicado o Atlas Eólico Solar do Ceará, elaborado pela Agência de Desenvolvimento do Ceará – ADECE (2019), cujo objetivo é tornar o espaço cearense convidativo ao investimento no mercado solar fotovoltaico e eólico. Este atlas, ao que cerne o mercado fotovoltaico, traz o mapa de variação interanual e intra-anual da radiação solar no Estado do Ceará, que, resumidamente fala que

Apesar da variabilidade intra-anual da radiação depender da latitude e de particularidades da região, como relevo, vegetação e composição atmosférica, os dados indicam pouca variação entre as cidades. Observam-se os maiores índices de radiação no mês de outubro e menor dispersão dos dados na segunda metade do ano (ADECE, 2019, p.41)

Torna-se, portanto, expressivo a vocação do Estado do Ceará no que diz respeito a geração de energia solar fotovoltaica. Com efeito, a elaboração de um Atlas Solar Eólico vem sistematizar e expor para à comunidade nacional e internacional, as

potencialidades e as limitações geográficas, jurídicas e fiscais na geração de energia eólica e solar.

Santos (2011) explica sobre este movimento na produção do espaço que visa atrair investimentos externos

Com o desenvolvimento das forças produtivas, a desigualdade regional cessa de ser o resultado das aptidões naturais e está se tornando ao mesmo tempo mais profunda e mais especulativa: existe uma maior necessidade de capitais crescentemente volumosos; os recursos sociais também tendem a se concentrar em certos locais onde a produtividade do capital é cada vez mais alta. Tudo está ligado. A atração da força de trabalho é um corolário dos investimentos e os salários mais baixos são um fator adicional para aumentar os lucros e inflar a mais-valia do grande capital. (SANTOS, 2011, p.22)

Nesse sentido, é importante compreender que, a partir do momento que o Estado do Ceará elabora um atlas solar, ele coloca seu próprio espaço, agora numa nova dinâmica para além do turismo de massa e outros vetores de desenvolvimento, no âmbito dos investimentos financeiros globalizados.

Geração Centralizada

Como já fora visto, a geração centralizada tem como principais características o fato de que seus empreendimentos são localizados fora dos centros de consumo e, sua energia é levada a partir de linhas de transmissão de alta tensão para o sistema nacional de distribuição.

Estes empreendimentos são regulados e aprovados a partir da dinâmica de Leilões. Em 2022, conforme o Banco de Informações de Geração de Energia da ANEEL, o Estado do Ceará possui 21 centrais geradoras de energia solar fotovoltaica em operação, totalizando um montante de 499.926kW (ANEEL, 2022).

Estão localizados em sua maioria na região do Vale do Jaguaribe, a saber, Tabuleiro do Norte (4), Limoeiro do Norte (7), Quixeré (4), na região do Litoral Leste no município de Aquiraz (1) e Icapuí (1), Litoral Oeste no município de Marco (1), na região do Cariri em Juazeiro do Norte (1), no sertão dos Inhamuns em Tauá (1) e na Região Metropolitana de Fortaleza em Maracanaú (1).

Os projetos em construção, por sua vez, somam-se oito, totalizando a potência a ser instalada de 201.000kW, sendo todos localizados também na Região Metropolitana de Fortaleza, a saber, no município de Caucaia.

Quando se trata de empreendimentos outorgados pela Aneel, cuja construção ainda não fora iniciada, a potencia a ser instalada sobe para 2.486.732kW, totalizando 66 novos empreendimentos distribuídos nos seguintes municípios: Limoeiro (1), Sobral (1), Trairi (1), Aracati (1), Milagres (11), Jaguaratama (13), Icó (6), Morada Nova (5), Russas (4), Mauriti (9), Abaiara (4), Aquiraz (6) e São Gonçalo do Amarante (4).

Nesse sentido, ao juntar as centrais geradoras em operação, em construção e as de construção não iniciada, em 2022, Ceará terá uma potência outorgada de 3.187.658kW, totalizando 95 empreendimentos, especializados em 20 municípios

(10,8% do espaço cearense), contemplando todas as macrorregiões do Estado, com exceção das altitudes expressivas como o Maciço de Baturité e a Serra de Ibiapaba.

Sobre esse crescimento das centrais geradoras, Oliveira e Guerra (2021, p. 48) ainda ressaltam que

A usina solar fotovoltaica da cidade de Sobral, intitulada “Sobral I” é a terceira maior do país com potência outorgada de 90 MW, ficando atrás apenas da usina “Delio Bernadino VIII”, localizada no Estado de Minas Gerais, mais precisamente na cidade de Janaúba, com potência de 309 MW e da usina “Sol do Sertão VIII”, situada na Bahia, município de Oliveira dos Brejinhos, com potência outorgada de 95,25 MW [15]. Em referência às lideranças estaduais em projetos operacionais de geração centralizada, os Estados de Piauí, Bahia e Minas Gerais ocupam as três primeiras colocações do ranking, respectivamente, somando juntos um total de 2,22 GW de potência outorgada distribuída em um total de 85 projetos. O Ceará aparece em 5º lugar (OLIVEIRA; GUERRA, 2021, p.48).

O autor ainda associa esse crescimento e expansão da capacidade instalada aos incentivos de políticas públicas e planejamento do setor de energia brasileiro. Essa expansão torna possível uma produção de energia em grande escala fazendo com que a contribuição da matriz elétrica se torne cada vez mais presente produzindo novos espaços no semiárido cearense.

Sobre isso, Santos (2011),

O espaço agrícola é, seletivamente, o receptáculo de dois tipos de capital: um capital novo, valorizado, que escolhe lugares privilegiados onde, ajudado pelo Estado, pode reproduzir-lhe melhor e mais rapidamente (grifo nosso); e um capital desvalorizado, velho, que deve se refugiar nas atividades menos rentáveis, prejudicado ainda pela má qualidade ou mesmo pela inexistência de infraestruturas (SANTOS, 2011, p.142).

Verifica-se então, um novo espaço no semiárido cearense sendo (re)produzido, onde as práticas tradicionais como a agropecuária, muitas das vezes prejudicadas pela rigorosa e constante radiação solar, dá lugar a novas tecnologias que se aproveitam desse recurso renovável e ilimitado.

É salutar refletir que, esses grandes empreendimentos requerem investimentos de milhões e, em sua grande maioria, são de propriedade de empresas internacionais ou mistas que se apropriam do espaço cearense, produzindo energia que, apesar de se incorporar à matriz elétrica, não diminui em nada as contas dos cidadãos cearenses.

Geração Distribuída

Conhecida também como geração descentralizada, a geração distribuída é àquela cuja instalação geradora encontra-se próxima ao seu consumo. Na micro e minigeração, é possível, inclusive, gerar excedentes que irão ser fornecidos à rede conectada.

Conforme a Associação Brasileira de Energia Solar – ABSOLAR (2022), o *ranking* estadual brasileiro coloca como primeiro lugar em geração distribuída o estado de Minas Gerais com 16,8% da potência brasileira instalada, seguido dos estados de São Paulo (12,8%) e Rio Grande do Sul (11,3%). O Ceará, nesta lista, aparece em 10º lugar,

correspondendo a 3,9% da potencia brasileira instalada. No entanto, como já fora mencionado neste artigo, no *ranking* municipal, a capital fortalezense mantém o 5º lugar de potência instalada, perdendo somente para as cidades de Cuiabá/MT, Brasília/DF, Teresina/PI e Rio de Janeiro/RJ (ABSOLAR, 2022).

Conforme Guerra e Oliveira (2021, p.43), “a potência instalada do Estado se distribui em um total de 9.362 usinas fotovoltaicas espalhadas por 179 municípios do Estado do Ceará, onde 11.886 unidades consumidoras são beneficiadas com os créditos. Salienta-se que, predominantemente, conforme ABSOLAR (2022), o principal objetivo da geração distribuída no Ceará é residencial, representando 73,40% do total dos sistemas instalados (OLIVEIRA; GUERRA, 2021). Essa predominância, por sua vez, também se repete quando se observa a geração distribuída no Brasil de modo geral, principalmente devido aos aumentos constante das tarifas e devido a legislação que ainda possibilita vantagem ao micro e minigerador.

CONCLUSÕES

De modo geral, percebe-se que as tecnologias para o aproveitamento da energia solar através dos painéis fotovoltaicos tiveram avanços significativos nas últimas décadas no Brasil e, sobretudo, no semiárido cearense. Se em 2004 eram 14 localidades distribuídas em 8 municípios cuja energia elétrica era fornecida a partir de placas fotovoltaicas, em 2022 temos uma realidade em expansão que já se estende por 20 municípios.

Além disso, tratando-se de geração distribuída, percebe-se uma diminuição do custo médio das placas fotovoltaicas, o que influencia diretamente no aumento da capacidade instalada tendo como objetivo principal as residências.

Concorda-se com Bursztyn (2020) quando este afirma que, a energia produzida a partir de painéis fotovoltaicos influencia diretamente na economia de água dos reservatórios uma vez que a demanda pela geração de energia a partir das hidrelétricas é reduzida. Além disso, a geração da sua própria energia elétrica, no contexto da mini e microgeração, também é uma oportunidade para permitir economia em níveis familiares bem como o acúmulo de crédito para contas futuras.

A partir dessa expansão da energia solar fotovoltaica, outras formas de produção do espaço no semiárido são potencializadas tais como àquelas ligadas a cadeia produtiva que fomenta esse setor – fabricação de painéis, inversores, implantação de projetos e manutenções. Tudo isso possibilita uma nova construção de redes que inclui oferta e demanda de empregos.

Nesse sentido, conclui-se que, o problema real do semiárido de “excesso de sol” é passível de tornar-se uma solução, isto é, o sol pode se configurar como um vetor de desenvolvimento e produção do espaço cearense. Faz-se necessário incentivos do próprio Estado à geração distribuída e regulação legal diminuição das tarifas e impostos para o consumidor final no tocante à geração centralizada.

Desse modo, entende-se que, alguns percalços tem impedido que esta fonte energética se torne uma alternativa viável e acessível, inclusive, às populações rurais mais necessitadas. No entanto, reconhece-se aqui uma expansão positiva desse setor.

Um novo olhar sob o sol começa a ser construído no Brasil e no Ceará; agora, não mais o olhar puramente do sol e sua radiação como a fonte de vida e, no caso do

semiárido cearense, o causador da seca e outras mazelas. Inicia-se, agora, uma ótica do sol como vetor de desenvolvimento. Trata-se, portanto, de uma quebra de paradigma que, também, é apropriado pelo capital.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro durante a pesquisa que embasou o presente artigo.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil** – Infográfico ABSOLAR nº 43.

Acesso em 28 mai 2022. Disponível em:<

<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>.

ALTMANN, G. Energia Alternativa e a política energética sustentável a Alemanha. In: ORTIZ, L. S (org). **Fontes alternativas de energia e eficiência energética: opção para uma política energética sustentável no Brasil**. Campo Grande, MS: Coalizão Rios Vivos – Fundação Heirich Boll, 2002.

ANEEL. Banco de Informações de Geração de Energia Elétrica. Acesso em 28 mai 2022. Disponível em:< <https://app.powerbi.com/view>>.

BURSZTYN, M. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas**. In: Revista Estudos Avançados. Vol. 34, nº98, 2020.

CAMARGO, SCHUBERT [et al]. **Atlas eólico e solar**: Ceará. Curitiba: Camargo Schubert; Fortaleza: ADECE, FIEC, SEBRAE, 2019.

CRESESB. Energia solar: princípios e aplicações. Disponível em:

http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf. Acesso em 25 mai. 2022.

DANTAS, S. G. Ipea (org.). **Texto para discussão: oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do brasil**. Brasília: Ipea, 2020. 60 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>. Acesso em: 01 fev. 2021.

EPE. A MATRIZ ENERGETICA E ELÉTRICA. Acesso em 12 jan 2019. Disponível em:<<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#ENERGETICA>>

G1. **Primeira usina solar comercial do Brasil atrai negócios para o Ceará**.

Disponível em:< <https://g1.globo.com/ceara/noticia/2011/12/primeira-usina-solar-comercial-do-brasil-atrai-negocios-para-o-ceara.html>>. Acesso em: 24 mai 2021.

GUIMARÃES ROSA, J. Grande sertão: veredas. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

LIMA, L. C; SILVA, A. M. F; 2004. **O local globalizado pelo Turismo**: Jeri e Canoa no final do Século XX. Fortaleza: Eduece, 2004.

LIMA, M. do C. de. **Comunidades pesqueiras marítimas no Ceará**: territórios, costumes e conflitos. Tese (Doutorado.) – FFLCH/USP, São Paulo, 2002.

_____. **Pesca Artesanal, Carcinicultura e Geração de Energia Eólica na Zona Costeira do Ceará.** Revista Terra Livre (AGB), 2008.

MAB – Movimento dos Atingidos por Barragens. **O atual Modelo Energético**

Brasileiro. Disponível em: < <http://www.mabnacional.org.br/noticia/atual-modelo-energ-tico-brasileiro>>. Acesso em: 25 out 2013

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas.** Estudo Técnico. Cama dos Deputados, Brasília, 2017.

NOVA, Antonio Carlos Bôa. **Energia e Classes Sociais no Brasil.** Loyola: São Paulo, 1985.

OLIVEIRA, A; ARAÚJO, J. L (org). **Diálogos da Energia:** reflexões sobre a última década, 1994 – 2004. Rio de Janeiro: 7Letras, 2005.

OLIVEIRA, I. C. de; GUERRA, F. K. O. M. V. **Geração Fotovoltaica no Ceará.** In: Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. v.3, n.2, p. 38-49, 2021

PORTO-GONÇALVES, C. W; QUENTAL, P. de A. **Colonialidade do poder e os desafios da integração regional na América Latina,** *Polis* [Online], 31 | 2012.

SANTOS, Milton. **A natureza do Espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. 2 ed. São Paulo: Editora Hucitec, 1997.

_____, Milton. **Economia Espacial:** críticas e alternativas. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

SMITH. N. **Desenvolvimento Desigual:** natureza, capital e a produção do espaço. Tradução de Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 1988.

SILVA, D. R. F. da. **Ventos de discórdia:** território, energia eólica e conflitos socioambientais na zona costeira do Ceará. 2014. 246 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

O SERTÃO VAI VIRAR MAR: POSSIBILIDADES PROPICIADAS PELOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO SERGIPANO

Vinícius Henrique Barreto Santos
Romeu Oliveira Nascimento
Daniel Almeida da Silva
Diana Mendonça de Carvalho
José Aparecido Vieira

INTRODUÇÃO

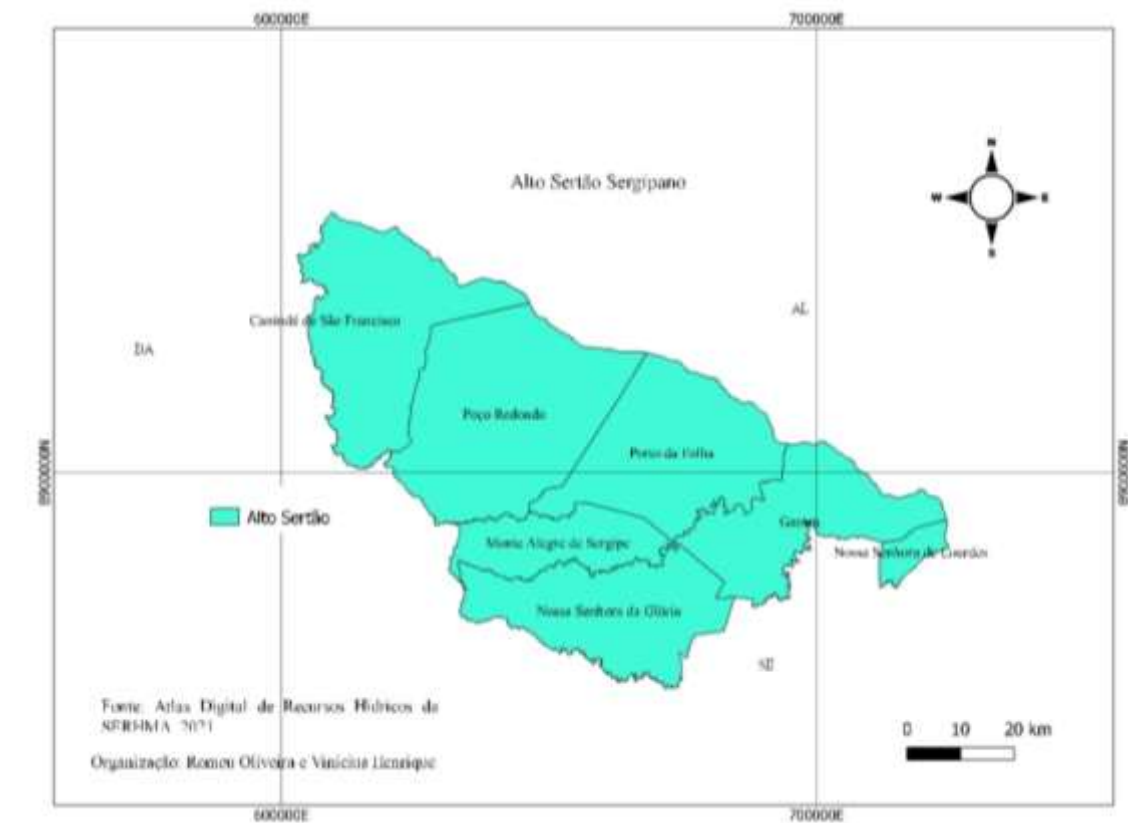
A geografia é a ciência que trabalha o espaço e a condição que o homem estabelece com ele, mediante relações de trabalho e sobrevivência. Frente a isso, as questões socioeconômicas interagem com as condições de natureza física do espaço, contribuindo para a construção de uma ciência ampla dentro da própria multidisciplinaridade geográfica. Diante disso, condições naturais e necessidades humanas se fazem evidentes, por exemplo, no desenvolvimento das práticas agropecuárias, em regiões por vezes inóspitas.

O Semiárido é definido como área de temperatura elevada e baixo índice pluviométrico. Características triviais como as descritas acima, não fazem da área sertaneja reflexo de pobreza ou sinônimo de atraso em relação as regiões agroindustriais do Brasil. Na verdade, demarcam a existência de vários significantes, dentro de um mesmo espaço, em que políticas estatais conduzem de forma benéfica, quando bem aplicadas, os chamados oásis do Sertão, a partir de experiências construídas por polos de irrigação. Então, por isso, o uso da estrofe “o sertão vai virar mar”, popularizada na música Sobradinho (1999) do Trio Nordestino.

A leitura dessa realidade, a partir da circunscrição da bacia do Rio São Francisco dá a noção de como uma realidade descontextualizada da riqueza nacional, pode ser reinventada e transformar regiões carentes em “mar de produção”, a partir de projetos de irrigação. Aspecto que tem sido evidenciado, inclusive em Sergipe. Por isso, o presente trabalho visa analisar a expansão agropecuária no alto sertão sergipano, frente as condições edafoclimáticas aí existentes, considerando seus marcos históricos e potencialidades socioeconômicas.

O alto sertão sergipano engloba 7 municípios, tendo uma área de 4.911,62 km², com segundo estimativas de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Assim, o alto sertão sergipano é localizado na porção noroeste do estado, contando com 7 municípios. Os municípios são: Monte Alegre de Sergipe, Gararu, Canindé de São Francisco, Porto da Folha, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora de Lourdes, Poço Redondo e Porto da Folha (SANTOS, 2010).

Figura 01 – Delimitação da área do alto sertão em Sergipe.



Fonte: NASCIMENTO, R. O; SANTOS, V. H. B. (2022)

MATERIAL E MÉTODO

Para desenvolver o referido trabalho, considerou-se a análise empírica com viés quali-quantitativo e crítico dos fatos, baseado em literaturas trabalhadas em disciplinas como Geografia de Sergipe e Tópicos Especiais em Ensino de Geografia, com foco em hidrogeografia, bem como análise de teses e dissertações. As literaturas postas condicionaram a construção dos seguintes subitens: 1- Contextualização Histórica das Primeiras Atividades Econômicas do Estado de Sergipe; 2- Aspectos Fisiográficos do Semiárido Sergipano; 3- O Sertão Vai Virar mar: projetos irrigantes no sertão sergipano; 4- Impactos Socioambientais dos Projetos de Irrigação no Alto Sertão Sergipano; por fim, Considerações Finais e Referências.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DAS PRIMEIRAS ATIVIDADES ECONÔMICAS DO ESTADO DE SERGIPE

As terras brasileiras foram divididas em capitanias hereditárias, que eram espécies de “estados” e posteriormente, doadas na condição de sesmarias, as quais eram enormes porções de terras a donatários. Essa distribuição definiu de início a estrutura agrária das terras brasileiras com forte concentração fundiária. Aspecto que se fez comum para o futuro estado de Sergipe, que em um primeiro momento, pertencia à Capitania da Bahia de Todos os Santos (NUNES, 1989).

Diante desse quadro, depreende-se que foi a partir das sesmarias que se deu início ao processo de concentração fundiária no Brasil e em Sergipe, a qual perdura até os tempos atuais. Fontes e Alcantara Filho (2009, p.64), a partir das contribuições de Furtado (1989) destacam que:

As raízes dos problemas fundiários no Brasil são reflexos da construção histórica da formação da propriedade. Essa herança provém da própria dinâmica de funcionamento da colônia e das leis vigentes nesse período, as quais introduziram as disparidades na distribuição de terras e, posteriormente, na concepção mercadológica da terra. Assim, para analisar a concentração de terras, a produção e até mesmo a produtividade agrícola nos dias atuais, é preciso levar em consideração a perspectiva histórica da questão agrária no Brasil.

Neste contexto, as primeiras atividades desenvolvidas em Sergipe se deram próximas ao litoral, sendo o pau-brasil a principal forma de extrair riquezas das terras sergipanas. Posteriormente, ganhava-se ênfase a criação de animais, que serviam às capitanias de Pernambuco e da Bahia. Isso se fez tão evidente, que Felisberto Freire (1891) refletiu que “antes de ser lavrador, o sergipano foi pastor”, ou seja, ele dá ênfase para a criação de animais de carga, como mulas, cavalos e bois, sendo que o manejo com a agricultura veio posteriormente.

Mas, como no restante do território brasileiro, Sergipe não era “terra de ninguém”, pois aqui haviam inúmeros povos originários e estes representaram grande empecilho ao empreendimento colonial. Esses povos resistiam de diferentes formas a empreitada estabelecida pela ocupação portuguesa, já que o homem branco queria explorá-los e tirar o bem mais precioso que tinham, que eram suas terras. A partir da ocupação feita por Cristóvão de Barros em 1590, apesar das resistências promovidas pelos nativos, as atividades econômicas da capitania paulatinamente foram se voltando para produção nos engenhos de cana-de-açúcar e o trabalho escravo dos negros foi sendo imposto, já que os nativos se mostraram hostis.

Diante disso, as atividades pecuárias foram colocadas em segundo plano com a expansão da atividade açucareira, pois era preciso de espaço para esse empreendimento. Evidencia-se, então, que as atividades açucareiras não eram propícias para a região mais interiorana, o que inclui o semiárido. Isso se dava devido às condições edafoclimáticas do local, já que a produção de cana era propícia para um determinado solo e clima, por isso se desenvolveu no Vale do Cotinguiba, por exemplo, pois contava com esses dois elementos.

Após o cultivo da cana-de-açúcar, os nativos tiveram que migrar para os sertões, onde a sobrevivência era mais hostil, pois, além de sair de seu local de origem, tiveram que lidar com as intempéries climáticas. Os latifundiários também adentram aos sertões e expulsaram os nativos, deixando-os sem alternativa a não ser resistir mais uma vez, como reforça Andrade (2011, p.178) com base em Souza e Barros (2017, p.120):

[...] vários grupos indígenas que dominavam as caatingas sertanejas, não podiam ver com bons olhos a penetração do homem branco que chegava com gado, escravos e agregados e se instalava nas ribeiras mais férteis. Construía casa, levantava currais e pau-a-pique e soltava o gado no pasto, afugentando os índios para as serras ou

para as caatingas dos interflúvios onde havia falta d'água durante quase todo o ano.

Com a promulgação de um decreto por parte da coroa (1701), ficou instituído a criação de gado a pelo menos 10 léguas do litoral, realocando os criadores no interior. Essa atividade representava um empecilho às plantações de cana-de-açúcar. Nesse sentido, houve expansão para a faixa semiárida, em especial nas margens do Rio São Francisco, o qual servia para dessedentação dos animais e subsistência das populações ribeirinhas. Por isso, esse rio recebe outras denominações, as quais fazem referência ao seu papel socioeconômico, tais quais: Rio dos Currais e Rio da Integração Nacional. Barros (2017, p.6) aponta que:

Manuel Correia de Andrade, em sua famosa obra *A Terra e o Homem no Nordeste*, aponta a produção de couro e leite para o consumo interno como um dos traços característicos da população sertaneja, sendo isso devido as grandes distâncias e a escassez de outros produtos que não aqueles derivados do gado bovino, suíno e caprino.

Mesmo com as transformações ocorridas mediante penetração para o interior do estado de Sergipe e em direção às margens do Rio São Francisco, o desenvolvimento da economia não foi substancial, neste momento, haja vista a pouca produção de leite e couro. Um dos fatos que justificam essa situação decorre das condições climáticas do local e da apropriação das terras e das águas pelos coronéis.

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DO SEMIÁRIDO SERGIPANO

Sergipe é o menor estado da Unidade Federal do Brasil, localizado na porção Nordeste do país, e com área situada na região semiárida, agregando espaço na denominada área de polígono das secas (ARAÚJO, 2011). A referida região está próxima à linha do Equador, constituindo-se em área de alta pressão com dificuldade para formação de ventos e nuvens (Figura 01). Uma outra característica é sua distância em relação ao oceano, que dificulta a precipitação, pois segundo Reboita et al (2016, p.266).

À medida que se adentra o Nordeste do Brasil do oceano Atlântico em direção ao continente, a precipitação reduz [...]. No Sertão Nordestino os totais anuais de precipitação são de aproximadamente 400 mm que é cerca de 75% a menos do que na região litorânea.

Essas condições climáticas influenciam na vegetação, a qual é adaptada ao tipo de clima característico, sendo composta, majoritariamente por cactos, arbustos de pequeno e médio porte, palmáceas, espécies da família das bromélias, sendo consideradas vegetação hiperxerófila. Fernandes e Queiroz (2018, p. 51) destacam que:

Essa vegetação é constituída principalmente por árvores baixas e arbustos profusamente ramificados, frequentemente armados com espinhos ou acúleos, geralmente com folhas pequenas, entremeados com plantas suculentas (geralmente cactos), e um estrato herbáceo formado por plantas anuais (principalmente terófitos), bromélias terrestres e cactos rasteiros.

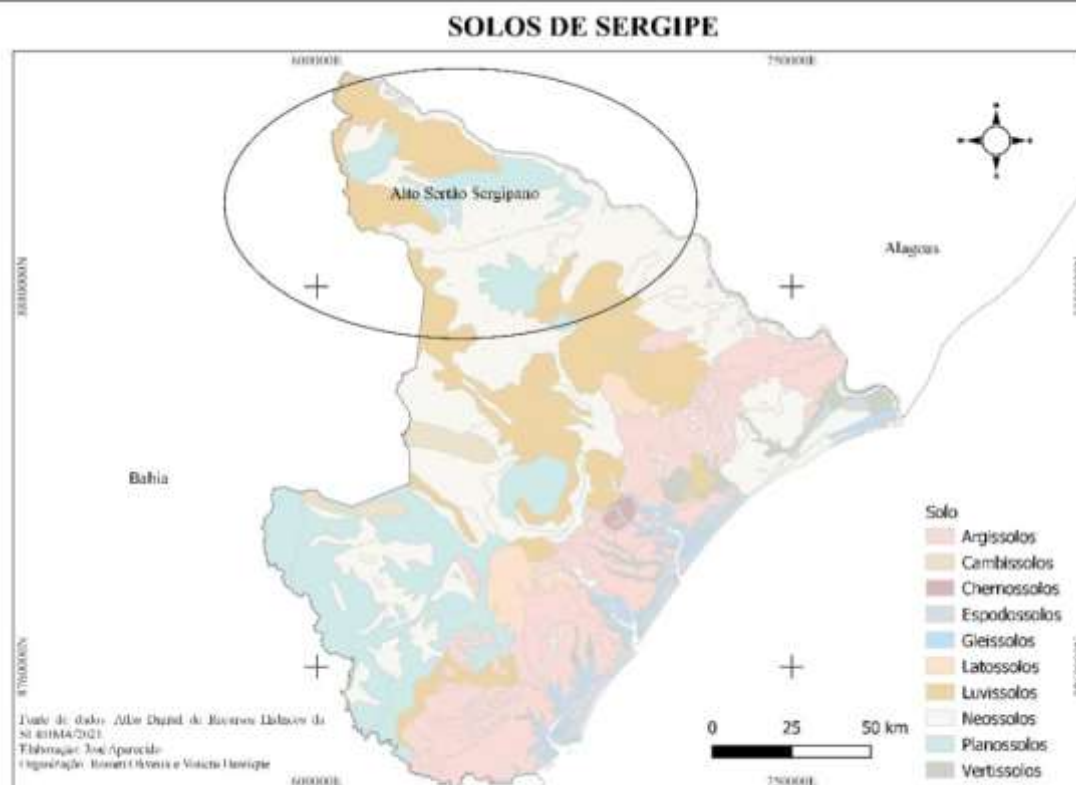
Figura 01 – Definição do polígono da seca no Nordeste Brasileiro



Fonte: ANDRADE, Manuel Correia de . Sertão ou Sertões. In: SILVA, J.B.; DANTAS, E.W.C. ; ZANELLA, M.E.; MEIRELES, A. J. A. Litoral e Sertão. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. Apud DANTAS, E. W. C. **O Nordeste desconstruído ou reconstruído?** Confins. 2019. Disponível em <<http://journals.openedition.org/confins/21089>>. Acesso em 21 mai 2022.

No tocante às características geomorfológicas, a área se caracteriza por baixas altitudes, sendo denominada pediplano sertanejo e com a presença de relevos residuais isolados (*inselbergs*) (SILVA et al, 2019), além desses, pela classificação de Ross (1992), existem na área sertaneja de Sergipe as seguintes unidades morfoesculturais: Plano Aluvial, Terraços fluviais e maciços estruturais. Essas formações condicionam solos do tipo: neossolos litólicos, neossolos regolíticos, planossolos háplicos, luvisolos háplicos e argissolos vermelho-amarelos (SANTOS, 2018) (figura 2 – Solos do Alto Sertão Sergipano). Diante desse contexto, os solos do alto sertão sergipano são rasos, rochosos e com pouca matéria orgânica na superfície, mas com alto grau de fertilidade por apresentar altos índices de minerais. Contudo, há indisponibilidade hídrica, que limita a capacidade agrícola da região, em virtude de afluentes do Rio São Francisco serem intermitentes.

Figura 2: Solos do Alto Sertão Sergipano



Fonte: APARECIDO, J. V. (2022)

Com os índices pluviométricos concentrados no verão, nas chamadas chuvas torrenciais, conhecidas regionalmente como trovoadas, existe apenas um rio perene que perpassa não só no semiárido sergipano, mas em todas áreas que este polígono engloba. Este rio é conhecido como Velho Chico, Rio dos Currais, Rio da Integração Nacional e, principalmente, Rio São Francisco.

Nesse contexto, as atividades desenvolvidas no semiárido dependem fortemente da presença do Rio São Francisco. Assim, devido as condições climáticas, o cultivo de algumas culturas não é corriqueiro, não pela infertilidade do solo, mas sim pela falta de chuvas na região. Práticas como a agricultura só podem existir nesse contexto através das águas do rio, as quais chegam nas lavouras através da irrigação. Entretanto, nem todos possuem acesso à água, já que ela é mercantilizada. Irigaray (2016, p.33) assevera que:

Até a promulgação da referida Lei, a água era considerada uma dádiva da natureza, disponível a qualquer um, e as tarifas pagas pelos usuários (indústria, comércio, serviços e residências) cobriam apenas os custos de captação, tratamento, distribuição e disposição da água que, a rigor, era gratuita. A partir da promulgação do citado diploma legal, o uso da água para qualquer fim (salvo para os aproveitamentos considerados insignificantes) fica sujeito à outorga onerosa pelo Poder Público, conforme disposto nos seus artigos 12 e 19.

Apesar das especificidades da lei quanto ao pagamento pelo uso da água, ela traz contradições, sendo a primeira delas a própria mercantilização desigual. A água deveria ser um bem universal e zelado por toda a sociedade, mas a realidade é bem complicada, sobretudo quando se observa o uso indevido sem o pagamento correto, principalmente em regiões onde existe escassez, como no próprio sertão sergipano. Assim, a apropriação das águas do Velho Chico se dá de forma desigual e atende majoritariamente aos coronéis da região.

A realidade circunscrita aos donos do poder sertanejos decorre da própria ação do Estado em definir políticas públicas que subsidie as atividades econômicas regionais. Fato atestado na existência de mais de 30 mil hectares irrigados, cerca de “[...] 700 quilômetros de tubos, mais de 156 quilômetros de canais e cerca de 2.600 produtores, gerando mais de 100 mil empregos diretos” (WOLFGANG, 2011). Esse relato remete ao agronegócio da fruta junto ao vale do São Francisco, sobretudo em Juazeiro (BA) – Petrolina (PE). Contudo, essas atividades não são comuns a apenas esse polo. Nos anos de 1990, em virtude da construção da Usina de Xingó, no estado de Sergipe, muitos projetos de irrigação e fruticultura nasceram ao longo do baixo São Francisco.

Neste tocante, a CBHSF (2015) reitera a lógica de valores de retirada de água do São Francisco, demonstrando o quão importante são essas águas para abastecimento humano e para as atividades agropecuárias, mesmo diante de problematizações, como a salinização dos solos e mesmo, da poluição de suas águas por condições domésticas e insumos químicos. As condições de uso das águas da Bacia do Rio São Francisco estão demarcadas no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF, 2015, p. 24):

A vazão média era de $2.850\text{m}^3/\text{s}$, correspondendo a uma vazão média de $7.025\text{m}^3/\text{hab}/\text{ano}$ para uma população de 13×10^6 habitantes (ANA, 2005 APUD MMA, 2006). Os valores de vazão de retirada, consumo e retorno para a região hidrográfica eram respectivamente: $166\text{m}^3/\text{s}$, $105 \text{m}^3/\text{s}$ e $691\text{m}^3/\text{S}$ (ANA, 2005 apud MMA, 2006). A irrigação era a atividade responsável pelas maiores vazões de retiradas (ANA, 2005 apud MMA, 2006).

Aspectos que atestam a grande dependência que o sertão nordestino tem em relação às águas do Rio São Francisco, no sentido de manutenção da vida e de formas de trabalho e renda. Deste modo, não é à toa que esse rio é considerado de integração nacional, ele dá vida a uma das regiões mais delicadas do Brasil em virtude da seca, mas também contribui decisivamente para a potencialidade energética, fluidez produtiva e geradores econômicos. Condição também comum ao curso do baixo São Francisco, em terras sergipanas.

O SERTÃO VAI VIRAR MAR: PROJETOS IRRIGANTES NO SERTÃO SERGIPANO

Durante o período de colonização sergipana o sertão não fora visto com bons olhos pelos conquistadores. Isso é constatado devido às primeiras atividades, as quais se voltavam para o litoral. Vainfas (2019, p.234) traz uma reflexão de Frei Vicente de Salvador, na qual corrobora com essa ideia ao discorrer que:

Da largura que a terra do Brasil tem para o sertão não trato, porque até agora não houve quem a andasse por negligência dos portugueses, que, sendo grandes conquistadores de terras, não se

aproveitam delas, mas contentam-se de asandar arranhando ao longo do mar como caranguejos.

Na medida em que a cana-de-açúcar se torna o carro chefe da economia, o deslocamento para os sertões se torna necessário, já que a atividade pecuária em larga escala era impossibilitada pela ocupação de grandes porções de terras, isto é, pela *plantation* açucareira. Neste tocante, um dos fatores que corroboram para a dificuldade dos sertões nordestinos em obterem relevância econômica histórica é a questão da escassez hídrica, o que inviabilizava a questão agrícola.

Diante disso, a produção de couro, leite e o fornecimento de carne de corte foi substancial para a economia da região durante muito tempo. Municípios como Nossa Senhora da Glória, Monte Alegre, Poço Redondo e Canindé de São Francisco são conhecidos por fazerem parte da bacia leiteira do alto sertão sergipano, pois seus PIBs (Produto Interno Bruto) são fortemente condicionados por essa atividade. Esteves (2012, p.77-78) exemplifica que:

O estado de Sergipe, no período de 1990 a 2010, teve um incremento de 197% na produção leiteira e hoje responde por 7,4% da produção leiteira nordestina, sendo a microrregião sergipana do sertão do São Francisco responsável por aproximadamente 60% da produção estadual. Principalmente no território do Alto Sertão Sergipano com os municípios de Nossa Senhora da Glória, Porto da Folha, Poço Redondo e Canindé de São Francisco, responsável por mais de 50% da produção de leite no estado.

A frase “o sertão vai virar mar” popularizada na música Sobradinho (1999) do Trio Nordestino, enfatiza o quão utópico era a ideia de mudar a realidade dessa região no que diz respeito ao desenvolvimento econômico, principalmente da agricultura, pois a água perfaz um subsídio indispensável às atividades econômicas de todos os tipos. Assim, reflete-se a mudança paulatina da paisagem semiárida nordestina, considerando que onde era natural observar cactáceas e “chão batido”, a partir do desenvolvimento de projetos de irrigação, como o Projeto Califórnia, possibilitaram-se o desenvolvimento da agricultura e conseqüentemente promoveram novas possibilidades econômicas para a região.

Cultivar quiabo, goiaba, girassol, alface e dentre outros produtos, era algo inimaginável na região do sertão sergipano. Porém, com o Projeto Califórnia essas atividades puderam ser desenvolvidas, acolhendo famílias desprovidas de terras e também grupos empresariais que se lançaram a empreitada de transformar o sertão em área produtiva. Assim, Ribeiro (2017, p.153) exemplifica que:

Os municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco desenvolvem lavouras por meio de perímetros irrigados Jacaré-Curituba e Califórnia, que os torna cultivados com ciclos permanentes, e a sua produção é diversificada, como exemplo as lavouras do quiabo, da mandioca, do milho, do feijão, do girassol, da goiaba, do maracujá, da melancia, da abóbora, da alface, dentre outros.

O assentamento Jacaré-Curituba é resultado das pressões sociais, iniciadas em 1996, pela conquista de direitos à terra. Para o movimento chegar ao que é hoje, tendo em média 680 famílias assentadas, com 700 lotes produtivos, foram necessárias muitas

lutas/resistências, fundamentado no apoio de todos os membros assentados para fazerem frente ao poder dos coronéis da região.

A luta pela terra se faz necessária, entretanto o agricultor necessita de subsídios para poder produzir, sendo a água o bem mais necessário, além de créditos bancários, insumos e maquinários. Como o sertão nordestino é seco, com médias pluviométricas exíguas e mal distribuídas durante o ano, isso acaba concentrando importância no Rio São Francisco para abastecer a região semiárida.

No Alto Sertão Sergipano, as condições de uso das águas do São Francisco ficam bem evidentes, por exemplo, no assentamento Jacaré-Curituba, que possui irrigação para as famílias produzirem alimentos, muitos dos quais chegam à mesa dos consumidores. Esses alimentos têm custo benefício acessível para população dos municípios circunvizinhos, haja vista que se não tivessem essas produções, o preço aumentaria pela falta de oferta, já que os grandes produtores exportam suas produções agropecuárias.

Por sua vez, o perímetro irrigado do Projeto Califórnia deu início às obras em 1985, concluindo em 1987, tendo uma área de 3980 ha, sendo que a área agrícola irrigável é de 1360 ha e a de sequeiro de 1830 ha; o restante, isto é, 790 ha, constituem-se em áreas de reservas e estradas. O número de pessoas atendidas é de 1.665 indivíduos, divididos em 373 lotes, dos quais 293 são de agricultura familiar, 19 empresarias e 61 de sequeiro (COHIDRO, 2022).

O projeto é uma forma do pequeno agricultor produzir na região semiárida, sendo algo novo, já que o sertanejo nunca sonhou em ver suas terras sendo molhadas, a não ser nas chuvas de verão, que é a mais característica na região. Os lotes são irrigados através de 7 estações de bombeamento, que são resultado de acordo entre a COHIDRO e o Governo do estado de Sergipe, os quais promovem assistência técnica, além da manutenção e operações para garantir o funcionamento do sistema.

Graças a esses projetos, os municípios do Alto Sertão sergipano são destaque na economia do Nordeste do Brasil, com a produção de leite, de milho e de hortaliças, como o quiabo, que condicionam um comércio agropecuário crescente nessa localidade. Com relação ao município de Canindé, as áreas de irrigação geram empregos em diversos setores junto aos habitantes deste local, bem como de outras localidades, inclusive de outros estados.

Diante disso, vê-se a dinamicidade que o alto sertão sergipano adquiriu ao longo do tempo, pois, num ambiente de clima hostil, onde a perspectiva de sobrevivência a partir da agricultura era inviável, os projetos de irrigação, a partir de águas do São Francisco, tornaram a irrigação uma realidade na região. A frase “o sertão vai virar mar” ganha sentido, pois produções como uva, pera, quiabo, melancia, acerola, goiaba, dentre outras, são uma realidade para um local onde geralmente só existia a vegetação típica da caatinga e “chão batido”.

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO NO ALTO SERTÃO SERGIPANO

A escassez de água é algo característico de regiões semiáridas. Essa realidade é vivenciada no Alto Sertão sergipano, principalmente antes das construções dos projetos de irrigação, mesmo com a presença do Rio São Francisco, haja vista que este

só era acessível aos ribeirinhos e aos coronéis da região. Sem água, a maior parte da população sertaneja não tinha como produzir, não tendo, assim, garantia de renda. Aspecto modificado com a realidade dos projetos de irrigação.

Todavia, como tudo que modifica a natureza física do espaço contribui para a geração de impactos ambientais, as produções agropecuárias no semiárido sergipano geram impactos no solo, no lençol freático e nas águas superficiais. No primeiro, com a intensa irrigação, os sais que se concentram abaixo do solo são submersos pelo excesso de água e quando da evaporação, ficam na superfície, inviabilizando as plantações. Por outro lado, com o uso intenso de insumos químicos na agricultura, a água do subsolo tende a ser contaminada por esses. As águas superficiais são escoadas com contaminantes para os afluentes, os quais vão desaguar no rio principal, que nessa região é o Rio São Francisco, o que acaba comprometendo o equilíbrio hídrico nesta região. Brito *et al* (2010, p.165) exemplificam que:

Nas regiões semiáridas, a agricultura irrigada é explorada com intensidade e, muitas vezes, com uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas que podem causar sérios impactos aos diferentes componentes ambientais. No solo, vários impactos podem ocorrer como compactação, salinização, desequilíbrio nos teores de nutrientes, perda da matéria orgânica e diminuição da atividade microbológica, adubações desbalanceadas, contaminação por metais pesados e resíduos de pesticidas, irrigações não controladas e deficiência de drenagem. A interação desses fatores resultará na perda de produtividade agrícola em médio e longo prazos. Na água, tanto superficial como subterrânea, ocorrem sérios impactos negativos, principalmente relacionados à utilização irracional de fertilizantes e pesticidas. Que podem comprometer sua qualidade e, conseqüentemente, a saúde humana.

A vegetação também sofre impactos pelo avanço das atividades agropecuárias. Na região em questão, a vegetação típica é a caatinga, a qual é desmatada para dar espaço às pastagens e aos plantios dos pequenos e grandes produtores. Estes últimos geram danos maiores aos ecossistemas, devido a maior capacidade de destruição ambiental, gerando desequilíbrios ambientais que podem ocasionar processos de desertificação (RIBEIRO, 2017).

Além desses problemas, outro que vem crescendo mediante o uso da água e do solo dessa região é a prática pecuária, que historicamente foi condicionada na região, e nos últimos anos se alastrou frente aos projetos agroindustriais instalados na região, sobretudo no município de Nossa Senhora da Glória, com o processamento do leite. Tal aspecto suscitou a criação animal e a extensão da agricultura do milho transgênico como fonte alimentícia para a maior parte dos animais, via produção de silagem.

As duas produções extremamente danosas ao meio ambiente. A primeira gera danos à biodiversidade, causa degradação do solo e poluição da água, mediante liberação de metano, via processo digestivo dos animais e emissão de óxido nitroso (N₂O) através das fezes, que contribui com a intensificação do efeito estufa (Romani, 2019). Além desses, o próprio pisoteio do solo, causa danos com o favorecimento de ravinamentos

e voçorocas, sem desconsiderar os danos indiretos, como a contaminação das águas, via infiltração desses dejetos animais. O segundo, condiciona danos em virtude do uso de insumos químicos, que contaminam o solo, ao tempo, que também são extraídos do solo, sem desconsiderar claro, o desrespeito para com a questão orgânica e o tempo de vida ideal das espécies em prol de um pacote tecnológico, que se disseminou com a chamada Revolução Verde.

Diante disso, o retrato do sertão nordestino, e mesmo do sergipano, da atualidade, em nada se compara com o de décadas anteriores à 1980, quando foram iniciadas ações em prol da captação de água do rio São Francisco para o desenvolvimento de atividades agropecuárias. Tais ações condicionaram mudanças socioespaciais que de forma muito coerente foram cantadas com o sinônimo de o “Sertão vai virar mar”, mesmo com tamanhos danos gerados.

CONSIDERAÇÕES FIANIS

As condições edafoclimáticas, durante muito tempo, se fizeram desafios a práticas agropecuárias em áreas do Sertão Nordeste. Todavia, nas últimas décadas, o homem tem evoluído no sentido de apropriação do espaço e criado mecanismos para extrair ao máximo suas potencialidades. Fato que é demarcado pelo desenvolvimento de perímetros irrigados ao longo do Rio São Francisco, a exemplo do que ocorre nos municípios de Poço Redondo e Canindé do São Francisco, modificando a realidade socioeconômica do sertão sergipano.

Todavia, as experiências com os perímetros irrigados, mesmo sendo belas aos olhos humanos, com a produção frutícola empresarial, por exemplo, geram consequências também negativas ao meio ambiente, quanto ao desmatamento da caatinga, ao desgaste do solo e conseqüente salinização, ao uso desenfreado de insumos químicos que polui as águas dos cursos de rios e do lençol freático. Ainda assim, a realidade vivenciada com os projetos de irrigação no Alto Sertão propicia uma realidade jamais imaginada, pois, frutas que não eram aptas à região (como a uva, pêra e hortaliças) são cultivadas pelos assentamentos de reforma agrária e pela agricultura empresarial. Com isso, a frase “o sertão vai virar mar” deixa de ser utópica e passa a ganhar sentido diante das limitações que ali existiam, pois os projetos irrigantes são realidades e sustentam a economia local.

Por tudo isso, vivencia-se na região do sertão nordestino e especificamente no Alto Sertão Sergipano, a contradição entre o atraso promovido pela escassez de água e a promoção de áreas de irrigação, via ação estatal-empresarial, que transmutam as práticas econômicas e estabelecem condições de manutenção para a reprodução da vida. Fato que antes não era impensável.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. M. S. de. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**. V.5, n.5, dez, 2011. Disponível em:
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.unirios.edu.br/revistarios/media/revistas/2011/5/a_regiao_semiarida_do_nordeste_do_brasil.pdf&ved=2ahUKEwj1jJiko4L4AhXxRLgEHSzaC0oQFnoECAUQAQ&usg=AOvVaw2tV2EYj_oJtmu1Z5MYJ6-U. Acesso em: 28 mai 2022.

BRITO, L. de. T. L.; BRAGA; M. B.; NASCIMENTO, T. Impactos Ambientais da irrigação no semiárido brasileiro. *in*: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: ed. Embrapa Semiárido, 2010. p. 137-169.

CBHSF. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2016-2025)**. Relatório, vol 01, 2015. Disponível em <https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2015/10/12-e-13.10.2015-%E2%80%93SSA-%E2%80%93RP3_V1_Relatorio.pdf>. Acesso em 22 mai 2022.

DANTAS, E. W. C. O Nordeste desconstruído ou reconstruído? **Confins**. 2019. Disponível em <<http://journals.openedition.org/confins/21089>>. Acesso em 21 mai 2022.

ESTEVES, J. C. B. **Desenvolvimento rural e subdesenvolvimento econômico no Baixo São Francisco Sergipano**. Tese de mestrado: Curso de Economia. São Cristóvão, 2012. Disponível em <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/4552/1/JUSSARA_CARVALHO_BATISTA_ESTEVES.pdf&ved=2ahUKEwjU8rzMs4L4AhVDrpUCHWSkAYcQFnoECA0QAQ&usg=AOvVaw2LkzZpcmJ8RZSYId75o55>. Acesso em: 28 mai 2022.

FERNANDES, M.; QUEIROZ, L. P. de. Vegetação e Flora Da Caatinga. **Revista Caatinga/Artigos**. P.51-56. Disponível em <(PDF) [Vegetação e flora da Caatinga \(researchgate.net\)](#)>. Acesso em 28 mai. 2022.

FILHO, J. L. A.; FONTES, R. M. O. A formação da propriedade e a concentração de terras no Brasil. **HEERA**. v. 4, n.7, p. 63-85, 2009. Disponível em <[A formação da propriedade e a concentração de terras no Brasil | Revista HEERA \(ufff.br\)](#)>. Acesso em: 28 mai 2022.

FREIRE, F. F. de O. **História de Sergipe (1575-1855)**. Rio de Janeiro: Typographia Perserverança, 1891.

FURTADO, C. **A Fantasia Desfeita**. Ed. Paz e Terra, 1989.

IRIGARAY, M. C. **Privatização e mercantilização da água na América Latina: desafios da sustentabilidade e defesa do bem (de uso) comum “no” e “para além” do capitalismo**. Tese de mestrado- Curso de Direito- Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, 2016. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/6407>>. Acesso em 28 mai. 2022.

OLIVEIRA, A. R. de. **A desertificação do alto sertão de Sergipe no contexto geográfico**. 2017. 232 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017. Disponível em <<http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/8614>>. Acesso em: 28 mai 2022.

Perímetro Irrigado Califórnia. **COHIDRO: Companhia de desenvolvimento de recursos hídricos e irrigação de Sergipe**. Disponível em: [Perímetro Irrigado Califórnia - Cohidro](#). Acesso em: 20 mai 2022.

REBOITA, M. S. et. al. Causas Da Semi-Aridez Do Sertão Nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 254-277, jul/dez, 2016. Disponível em <<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/42091/29394&ved=2ahUKEwjD1KKOvoL4AhXMrZUCHTyeB1QQFnoECAoQAQ&usg=AOvVaw2TwZvUGCThrpvlTpbBWYGf>>. Acesso em: 28 mai 2022.

ROMANI, A. Impacto da pecuária no meio ambiente incentiva adesão ao vegetarianismo. IN: USP: **Agência Universitária de Notícias**. 2019. Disponível em <<https://aun.webhostusp.sti.usp.br/index.php/2019/02/05/impacto-da-pecuaria-no-meio-ambiente-incentiva-adesao-ao-vegetarianismo/>>. Acesso em 23 mai 2022.

ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, p. 17-29 IGUSP, 1992. Disponível em <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108>>. Acesso em 22 mai 2022.

SANTOS, R. S. **Análise integrada da paisagem do geocomplexo alto sertão sergipano**. São Cristóvão: PP GEO, 2018. (Dissertação de Mestrado). Disponível em <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7934/2/RICLAUDIO_SILVA_SANTOS.pdf>. Acesso em 22 mai 2022.

SILVA, F. L. S. et. al. Composição florística de um inselberg no Semiárido paraibano, Nordeste brasileiro. **Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/RWHrmzWzCNhqMYDbqJqQTD/?lang=pt>. Acesso em: 20 mai 2022.

SOUZA, L. E. S. de; BARROS, R. A. de A. Territorialidade Econômica da Pecuária em Manuel Correia de Andrade. **Economia-Ensaios**. Uberlândia, v.32, p. 113-130, jul/dez, 2017. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://seer.ufu.br/index.php/revistaeconomiaensaios/article/view/34541/21894&ved=2ahUKEwjtnTH4n4L4AhUJg5UCHdEBDYAQFnoECAsQAQ&usg=AOvVaw3muyeFxO6KfyWfoDzCB8Cq>. Acesso em: 28 mai 2022.

VAINFAS, R. O sertão e os sertões na história luso-brasileira. **REVISTA DE HISTÓRIA DA SOCIEDADE E DA CULTURA**, v.19, p. 225-245, 2019. Disponível em <<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8199742.pdf&ved=2ahUKEwjFs93tsIL4AhUurZUCHe6xC2YQFnoECAcQBg&usg=AOvVaw3jVrBXQRBzGEZGY-n3DmC1>>. Acesso em: 28 mai 2022.

WOLFGANG, W. Irrigação Transforma o Vale do Rio São Francisco. Sobradinho, 20/06/2011. Disponível em <
<https://www.canalrural.com.br/noticias/irrigacao-transforma-vale-rio-sao-francisco-13352/>>. Acesso em 22 mai 2022.

SISTEMAS AGROECOLÓGICOS DE PRODUÇÃO E CONSUMO ALIMENTAR EM SÃO DOMINGOS, SOBRAL, CEARÁ

Pedro Henrique Eleoterio de Assis
José Falcão Sobrinho
Simone Ferreira Diniz
Francisca Edineide Lima Barbosa

INTRODUÇÃO

A produção agroecológica contempla muitas práticas agrícolas dentre as quais destaca-se a agricultura familiar orgânica. Tais sistemas estão espacialmente representados no ambiente semiárido ou em agrossistemas ecológicos locais. Assim, a produção de alimentos é diversificada, seja na comercialização no próprio lugar que se cultiva ou na região e o processamento dos produtos alimentícios, em alguns casos faz-se polpa de frutas. Consoante com Kneafsey *et al.* (2013), um sistema agroalimentar local consiste em uma estrutura onde os alimentos são produzidos, processados e comercializados dentro de uma área geográfica definida.

As sociedades buscam alternativas de vida saudáveis e sustentáveis. Nesse sentido, a produção, o processamento, a distribuição e o consumo dos alimentos tornaram-se assuntos importantes na agenda dos governos dos diferentes países (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN [FAO], 2011).

A Organização das Nações Unidas- ONU no Brasil estabelece 17º objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que deve ser alcançado na Agenda 2030, dentre os quais, o 2º objetivo é alusivo a *Fome Zero e Agricultura Sustentável*. Cabe frisar, que os alimentos produzidos em agrossistemas ecológicos são elementos fundamentais nos modelos de desenvolvimento socioeconômico sustentável regulado tanto pelo Estado como pelo mercado (Triches, 2015).

O modo de produção e consumo da sociedade atual, traz sérias ameaças ao planeta (Zulauf, 2000), por isso o mundo precisa de soluções que busquem o aumento da produção de alimentos, sem comprometer ainda mais o meio ambiente (Nascimento; Mendonça; Cunha, 2012).

O aumento populacional e a necessidade em produzir alimentos para atender à demanda crescente vêm constituindo um grande entrave mundial, sendo necessária a busca por sistemas sustentáveis de produção de alimentos (Hundley *et al.*, 2013). Em função da sua importância e complexidade, este tema integra um dos ODS-Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, o objetivo 2: “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável” (UNESCO, 2015).

Nas palavras de Martinez *et al.* (2010), os sistemas agroalimentares envolvem os mercados de agricultores locais, produtos heterogêneos e cadeias agroalimentares curtas, nas quais os agricultores além de produzir, também podem desempenhar funções de marketing, incluindo, armazenamento, embalagem, transporte e distribuição.

Isso configura-se com a aderência dos agricultores com os diferentes meios de comercialização, como a venda dos produtos em grupos de comunicação (WhatsApp), em feiras agroecológicas que são espaços de compra e venda de frutas e hortaliças que consiste em estratégias de comercialização que dinamizam a produção do campo, proporcionando alimentação saudável no campo e na cidade, além de garantir o aumento da renda familiar.

Assim, a ciência intitulada Agroecológica tem por base a formação de novas tendências na agricultura, dando um funcionamento, organização e possibilidades dos agroecossistemas, se interligarem com as novas tecnologias socioambientais, produzidas atualmente, pelos mais diversos grupos humanos (Gliessmam, 2000).

Como lócus desse estudo elegemos a comunidade de São Domingos, situada na cidade de Sobral, CE, onde o foco da pesquisa está na análise de dois sistemas agroecológicos: o *PAIS- Produção Agroecológica Integrada e Sustentável* e o *Sistema Mandala de Produção*. Os citados agrossistemas são também tecnologias sociais de convivência com o semiárido, que visam à promoção da qualidade de vida dos beneficiários, a produtividade econômica, o desenvolvimento sustentável e o equilíbrio ambiental no espaço rural nordestino.

Como já enfoca, Froehlich (2010) igualmente destaca que as características envolvidas no processo de aquisição de produtos diretamente de agricultores familiares locais potencializam vantagens para todos os envolvidos nesse processo, além de aliar Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) e desenvolvimento local.

Assim, as práticas agroecológicas, além de contribuir com o equilíbrio ambiental dos ecossistemas, ajudam na recuperação e revitalização do meio ambiente.

Nesse sentido, o objetivo do referido estudo é caracterizar os sistemas agroecológicos de consumo e produção (*PAIS* e *Mandala*) e apresentar seus usos múltiplos, bem como impactos socioambientais.

TECNOLOGIAS SOCIAIS

Em linhas gerais, as tecnologias sociais, em síntese, são peças importantes que são desenvolvidas por meio do conhecimento popular e de problemas de origem local, uma construção social, com base na criatividade e na disponibilidade dos recursos existentes na localidade. As tecnologias sociais têm um custo baixo e são de fácil replicação. Além disso, podem ser adequadas a novas realidades e de acordo com as necessidades ou recursos disponíveis (Sebrae, 2017a).

O conceito de “tecnologia social” é pensado de forma ampla para as diferentes camadas da sociedade. O adjetivo “social” não tem a pretensão afirmar apenas a necessidade de tecnologia para os pobres ou países subdesenvolvidos (Jesus & Costa, 2013). O modelo que impera de desenvolvimento tecnológico traz como ideia uma proposta de base sustentável e com diretrizes solidárias de tecnologia para todas as categorias sociais. A tecnologia social implica participação, empoderamento dos usuários atuantes (Jesus & Costa, 2013).

Esta tecnologia social além de evitar a migração do homem do campo para as periferias dos centros urbanos e promover a autossuficiência das famílias contribui para o bom desempenho e o fortalecimento da agricultura familiar (Küster, Martí, & Melchers, 2006; Mesiano & Dias, 2008). No que concerne aos recursos hídricos das

tecnologias sociais, vários trabalhos já evidenciaram a sua aplicabilidade de forma favorável (Magalhães *et al* (2012), Falcão Sobrinho *et al* (2015; 2017; 2019; 2021). Almeida e Falcão Sobrinho (2020), Carvalho e Falcão Sobrinho (2021); FALCÃO SOBRINHO (2020^a e 2020^b)

Fica claro que a agroecologia, na qual a produção orgânica está inserida, integra os princípios agrônômicos, ecológicos, culturais e socioeconômicos (Altieri, 2004), incentiva as práticas de cultivo favoráveis ao meio ambiente e a necessidade de diálogo entre produtores e consumidores, com o propósito de oferecer alimentos aos humanos e beneficiar o ambiente (Brito; Mello, 2016).

A superfície sertaneja, apesar de sua grande variabilidade de elementos naturais, há algo em comum nesse tipo de ambiente, trata-se de áreas suscetíveis às consequências geradas pela irregularidade pluviométrica, típicas de clima semiárido, erosão e degradação do solo, pelos métodos tradicionais de usos, sobretudo agrícolas. (Falcão Sobrinho; Costa Falcão, 2006).

A degradação do solo causa impactos ambientais incontestáveis, o solo é um elemento natural para o cultivo de alimentos, necessita-se conservá-lo para as futuras gerações. O meio ambiente sofre constantemente, com as queimadas florestais que causam danos ao habitat natural.

O uso do fogo é considerado uma técnica nociva e ultrapassada, pois destrói a biodiversidade local, eliminando várias formas de vida. A temperatura numa queimada pode superar 800^o centígrados, ocasionando a morte de animais, quando não lesionados ou intoxicados. Não obstante as queimadas estarem enquadradas como crime ambiental (Lei 9.605/98) e também pesquisas demonstrarem que existem técnicas mais avançadas que o fogo para melhorar a produtividade, ainda assim, mais de 90% dos incêndios florestais são provocados por ação humana, de origem proposital, acidental ou por negligência (INPE, 2017).

Há de convir, que a natureza é um sistema complexo, na qual todos os elementos naturais e sociais estão integrados, os processos erosivos, as queimadas e o uso do fogo no cultivo agrícola, remente um risco direto para a produção agrícola e agroecológica. Dessa maneira, a implementação de ações e práticas que promovam o desenvolvimento sustentável são valorosas para o ecossistema terrestre e aquático. De modo similar, a seguir apresentar-se um arcabouço teórico sobre os sistemas agroecológicos: *PAIS* e *Mandala*.

Nessa visão, a tecnologia social PAIS- Produção Agroecológica Integrada e Sustentável é uma alternativa de trabalho e renda para a agricultura familiar, que pode ser replicada por todo produtor rural na melhoria da qualidade da produção de alimentos, isso porque possibilita o cultivo de alimentos mais saudáveis, tanto para a sua subsistência quanto para a comercialização local, traz também a modificação do agroecossistema familiar representando traços compatíveis com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Potencializando o desenvolvimento rural, tendo na agricultura familiar o referente e eixo central de sustentação, orientando-se fundamentalmente rumo à geração de emprego e renda no meio rural” (Sacco dos Anjos, 2003, p. 272). A identificação e a sistematização destas características permitem o redesenho dos agroecossistemas,

adaptando-os aos princípios de uma nova proposta de desenvolvimento, que priorize os pilares da sustentabilidade.

Dentre as conceituações ou definições que são estabelecidas pelas instituições, a respeito do PAIS, a Fundação Banco do Brasil define-o como:

Uma tecnologia social que propicia aos agricultores familiares produzir sem o uso de agrotóxicos, com a preocupação de preservar o meio ambiente e proporcionar segurança alimentar e geração de renda por meio da inclusão socioprodutiva. Tecnologia social porque é uma técnica reaplicável, desenvolvida na interação com a comunidade e que representa efetiva transformação social (FBB, 2013, p. 6).

Concernente a sua criação, influenciada pelo trabalho de agricultores familiares que escolheram por fazer uma agricultura diversificada, preocupada com as questões socioambientais e sem a utilização de produtos tóxicos, a referida Tecnologia Social, conhecida popularmente como projeto ou sistema PAIS, deu seus primeiros passos na localidade de Brejal, município de Petrópolis/RJ (Roman, 2013).

Integrando técnicas simples e de fácil adaptação, o sistema PAIS garante a produção de alimentos em pequenos espaços, tendo como base a agricultura orgânica, reunindo num mesmo local horta, pomar e criação animal (N'Diaye, 2009). Teoricamente o PAIS é montado em um módulo com aproximadamente 5 mil m², divididos em um galinheiro central de 17 m², uma área de produção de grãos de 500 m², uma horta de 200 m² e uma área para a produção de frutas, tubérculos e abóboras de 4,2 mil m² (Pais, 2012).

Devido o sistema PAIS utilizar-se de tecnologias baseadas nos conceitos de integração e sustentabilidade, segundo os quais diferentes culturas são produzidas a partir de um sistema de anéis (Romão, 2010), existe a possibilidade do rompimento com a instabilidade de recursos por meio do domínio da tecnologia pelos agricultores.

Deste modo, priorizando o manejo agroecológico do sistema, a proposta é que com o tempo os beneficiários do programa PAIS adicionem mais canteiros ao formato original e diversifiquem a produção com outras culturas, havendo a chance da comercialização do excedente e da agregação de valor com o beneficiamento de frutas e hortaliças.

Fazendo um breve histórico, ocorreu em dezembro de 2005, por meio da Fundação Banco do Brasil em parceria com o Ministério da Integração e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a formação do chamado Comitê Gestor Nacional, iniciando a disseminação do PAIS pelo Brasil (Fundação Getúlio Vargas, 2008). Entre os anos de 2005 e 2007, com esta parceria, foram construídas 1.300 unidades do sistema PAIS em 33 municípios de 11 estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Piauí, Sergipe e Rio Grande do Norte), somando R\$ 3,8 milhões em investimentos sociais da Fundação Banco do Brasil (Pais, 2012). Nesse caso, percebe-se a espacialidade locacional das referidas tecnologias sociais no território brasileiro.

No que se diz respeito, ao modelo Mandala a difusão desse sistema teve início em 2002, pela iniciativa do professor Willy Pessoa e um grupo de jovens universitários em João Pessoa (PB), fundando a Agência Mandalla DHS (Desenvolvimento Holístico

e Sistêmico Ambiental), uma OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público).

O sistema foi também replicado na comunidade de São Domingos no município de Sobral, CE. A localidade possui uma área comunitária, cultivada nos moldes do PAIS, onde possui área com pomar de diversas fruteiras; área para a produção contínua de hortaliças e alternada de grãos e tubérculos; além da produção de espécies forrageiras e criação de caprinos e aves, visando o consumo e comercialização na região.

Sobre a Mandala, sabe-se que esta palavra Mandala tem origem indiana, sendo um desenho composto por figuras geométricas concêntricas. Do ponto de vista religioso, é uma representação do ser humano e do universo. O sistema Mandala reproduz a estrutura do Sistema Solar (Barros; Moraes, 2009).

O Sistema Mandala consiste no consórcio da produção agrícola que é bastante difundido em pequenas comunidades rurais. Tem como objetivo principal a diversificação das atividades agrícolas, sendo que a sua finalidade é melhorar o padrão alimentar das famílias e aumentar a renda através da introdução de tecnologia apropriada de baixo custo de produção (Abreu *et al.*; 2010).

Para alcançar os níveis de sustentabilidade propostos, a Agência Mandalla DHSA fundamenta-se nos princípios da Permacultura. No centro da atividade do permacultor está o planejamento consciente que torna possível, entre outras coisas, a utilização da terra e da água sem desperdício ou poluição, a restauração de paisagens degradadas e o consumo mínimo de energia (Magalhães *et al.*, 2012).

Assim, o formato desse sistema é basicamente, uma nova forma de irrigação. A construção de um reservatório no meio do plantio em círculos com o intuito de aproveitar melhor o espaço, já que o projeto é aplicado em pequenas propriedades rurais. A produção de alimentos é diversificada (Mesiano e Dias, 2008).

Este processo é um sistema voltado para a produção agropecuária e agroindustrial que utiliza a irrigação e a criação de pequenos animais, partindo do seu ponto central onde todas as formas de energia são originadas, garantindo a sustentabilidade do meio ambiente (Paulino *et al.*, 2007).

O referido sistema agroecológico tem como ideia central à permanência e durabilidade dos benefícios, criando condições para as comunidades sustentarem-se ao longo do tempo, preservando a capacidade produtiva dos recursos naturais, assegurando viabilidade econômica e a melhoria substantiva na qualidade de vida, bem como promover a equidade como princípio de convivência social (Sebrae, 2004).

Esse sistema é uma inovação social, que abrange a produtividade econômica, a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental dos elementos naturais, como: solo, fauna, vegetação, entre outros, que estabelece a garantia da sustentabilidade alimentar e também está presente na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo, localiza-se na superfície sertaneja, em São Domingos, que fica no município de Sobral- Ceará. A localidade teve seus primeiros habitantes em 1942, por consequência da falta d'água e da estiagem, alguns moradores tiveram que deslocar-

se de seus locais de origem, para uma área que era privilegiada por um açude, recurso hídrico existente neste ambiente. Os indivíduos que migravam para próximo do açude almejavam uma qualidade de vida melhor e a possibilidade de cultivar milho ou feijão. Por consequência disto, várias pessoas formaram um povoado, que mais tarde se chamaria São Domingos.

A igreja católica, foi uma instituição responsável pelo desenvolvimento local desta comunidade, podemos ressaltar a participação da Diocese de Sobral, por meio da Paróquia do Patrocínio, que buscava amenizar os problemas sociais, em vários segmentos da sociedade. A paróquia por meio do padre João Batista Frota, criou o Projeto Cabra Nossa de Cada Dia, este projeto buscava como objetivo principal a criação de cabras, para a obtenção de leite de cabra, este alimento foi essencial para a nutrição de muitas crianças que morriam por desnutrição infantil.

Em 1993, alguns serviços de assistência social foram implantados na comunidade, teve a construção de um colégio municipal, em 22 de setembro de 1997 foi planejada a criação de uma associação comunitária, que tinham como os demais objetivos a organização da comunidade em geral. A energia elétrica foi um desses serviços básicos, que em 2000 surgiram às primeiras casas com energia elétrica, que ajudou muitas pessoas, pois algumas não tinham a iluminação em suas casas.

A piscicultura foi outro projeto executado na comunidade, que consiste na criação de peixes em gaiolas em açudes ou lagos. Em 2001 foi implantada a primeira gaiola de peixes, que beneficiava 20 famílias e ajudava na condição financeira destas famílias. Com a parceria do banco do Nordeste, em 2006 foi possível alguns associados investirem em empréstimos financeiros para os agricultores comprarem alguns rebanhos para ajudar na renda familiar. O sítio comunitário foi outro projeto, que teve o apoio de órgãos governamentais, foi sugerida a implantação de um mandala, que atualmente fica incluso no sítio comunitário.

O vilarejo fica as margens do açude público Ayres de Sousa, atualmente a comunidade é organizada juridicamente por meio da associação comunitária de São Domingos. Hoje os moradores dispõem de serviços básicos essenciais, como: uma unidade básica de saúde, um colégio que atende crianças em processo de alfabetização, uma rede de abastecimento de água, praça municipal, um aprisco coletivo, local que abriga animais, como cabras e ovelhas. Em relação as principais fontes de renda na localidade, concentra-se na agricultura familiar, pesca, pecuária e aposentadorias.

A 1ª etapa da pesquisa contemplou uma revisão bibliográfica da temática estudada. A literatura foi extraída de bases de dados, onde encontra-se artigos científicos, dissertações e teses. O 2ª momento constituiu em visitas de campo, na área de estudo. Na qual foi identificado os sistemas agroecológicos, na ocasião foi registrada fotografias do espaço. Observou-se as potencialidades agrícolas do local, o tipo de solo predominante na região.

A entrevista foi outra etapa da pesquisa, o ato de entrevistar alguém é possível obter informações e conhecer as peculiaridades do objeto de estudo. A entrevista foi realizada no dia 22 de maio de 2022, com perguntas direcionadas, como: tipos de irrigação, frutos cultivados. Foi realizada uma pesquisa direcionada em web sites que apresentam matérias sobre os sistemas agroecológicos em São Domingos, foi

observado algumas ações que foram e são desempenhadas na localidade. Em última análise foi feito o processo de validação dos dados, no item de resultados e discussões.

Figura 1 – Vista panorâmica da comunidade de São Domingos



Fonte: <https://www.instagram.com/super.clickls/>

Figura 2- Fluxograma- Etapas da Pesquisa



Fonte: ASSIS, 2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em São Domingos as ações que deram origem ao PAIS foram iniciadas em 2014. Inicialmente houve a implementação de um projeto de criação de caprinos o projeto: Cabra Nossa de Cada Dia, que advém da prece católica: O Pão Nosso de Cada Dia. É sabido, que a produção de esterco, advindos das cabras, viabiliza a adubação e melhoria da fertilidade do solo para a produção vegetal o que inclui fruteiras

diversificadas. Por outro lado, o pisoteio dos animais potencializa o processo de erosão de solos.

É preciso ressaltar, que na área onde encontra-se os dois sistemas agroecológicos, o local apresenta um declive acentuado, isso facilita a perda de solo por erosão e empobrece os nutrientes presentes no solo. O associativismo é uma das características dos moradores de São Domingos, assim foi plantada várias espécies vegetais frutíferas, como: mangueiras, acerolas e bananeiras no sítio comunitário, que é uma área verde ao lado do açude, na qual o mandala fica dentro do sítio.

De modo geral, o PAIS é um agroecossistema alimentar que consiste no cultivo de frutas e legumes. Observa-se que na figura 3, a composição física do PAIS, que é constituída por hastes de madeira, palhas de coco que formam o telhado. Existe também um pequeno cercado em volta, para as aves circularem, as fezes das aves podem e são usadas para adubação.

Atualmente, o referido sistema conta com uma área de cultivo de um hectare, com plantio de olericultura, com foco em folhosas, sendo a principal atividade geradora de renda. A comercialização é feita, principalmente, por meio do programa governamental PAA (Programa de Aquisição de Alimentos). Em 2020, foram vendidos mais de 1.000 quilos de cheiro verde (coentro e cebolinha), 30 quilos de pimentinha, couve-manteiga, sem incluir as vendas, realizadas na própria comunidade, contando com o apoio de redes sociais, na divulgação dos produtos e venda direta, por meio do grupo de WhatsApp da comunidade.

É importante citar alguns programas e políticas públicas que estabelece um vínculo direto com a produção agroecológica, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), Incentivo à Produção e ao Consumo de Leite (PAA Leite) e o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), principal programa do Governo Federal para a garantia, manutenção e desenvolvimento da agricultura familiar.

Nesse sentido, as pessoas que trabalham cotidianamente com a natureza, ao longo do tempo, percebem a dinâmica natural do ambiente, como: o período correto de plantio e colheita dos frutos, se o solo está fértil para o cultivo. Elas, possuem a percepção que os agrotóxicos causam danos nocivos a produção agrícola e a saúde humana, inviabilizando seu uso.

Tais saberes são popularizados no semiárido por influência de órgãos assistencialistas, como é o caso da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (Ematerce) que comungam saberes técnicos, com as informações tradicionais que o homem do sertão conhece, como exemplo: os profetas de chuvas e suas previsões. Desenvolvendo assim, um elo de comunicação mútua entre o produtor e o técnico especializado.

No PAIS é cultivado: couve, coentro, cebolinha e pimentinha. O formato físico e a produção agrícola são plantadas em formato de um círculo concêntrico, com várias voltas entre si, como pode observar a figura abaixo. Além dos cultivos citados, existe mamão e acerola que estão plantados ao redor do PAIS, ou seja, a produção é integrada.

Comumente, os solos no nordeste brasileiro sofrem o processo de erosão, seja natural ou pela ação social. Verifica-se que o cultivo em círculos ajuda a reduzir a erosão e a perda de água no subsolo e aumenta a produtividade agrícola. Conforme pode-se constatar tanto o PAIS, como o mandala a produção é em volta de um círculo.

Evidencia-se que na área de estudo o predomínio do tipo de solo é o *Neossolo Litólico Eutrófico*, assim a textura desse solo é: média ou argilosa, o horizonte: A fraco e o relevo: plano ou ondulado, essas informações foram extraídas da plataforma do Programa Nacional de Solos do Brasil- PronaSolos, que dispõe de dados sobre os solos brasileiros.

Em relação, aos recursos hídricos a água é um bem de domínio público, entre os quais existem os usos múltiplos, que é o consumo humano e a dessedentação de animais, entre os prioritários. A irrigação usa-se quantidades excessivas de água. Dessa forma, a principal fonte hídrica que abastece água ao PAIS e Mandala advém do açude público Ayres de Sousa, localizado no distrito de Jaibaras-Sobral (CE), que fica na bacia hidrográfica do rio Acaraú. O sistema de irrigação é por meio de encanação, canos de PVC que são interligados até uma caixa d'água. Já no leito do açude um motor bombeia a água para chegar na caixa d'água e conseguinte irrigar os frutos. o sistema de aspersão é utilizado no momento para irrigar os alimentos, como mostra a figura 3.

Figura 3- Produção Agroecológica Integrada e Sustentável- PAIS



Os frutos produzidos, são colhidos semanalmente, como: coentro e cebolinha, para a venda na comunidade ou em feiras da agricultura familiar. A manutenção do PAIS é feita constantemente, seja a troca da palha, colocando outra nova, ou limpeza da área, retirando plantas daninhas. A compostagem é feita com compostos orgânicos, restos de folhas, galhos, ou fezes de animais. Na figura acima mostra o adubo pronto para usar na produção, esse adubo foi doado pela Prefeitura Municipal de Sobral, por meio da central de compostagem.

Uma parte da produção colhida durante a semana é comercializada na própria localidade, os alimentos cultivados são orgânicos, essenciais para a qualidade de vida humana. Os produtores também comercializam seus produtos para o Programa de Aquisição de Alimentos- PAA. Nessa visão, outro aspecto observado durante as visitas de campo, são os costumes tradicionais que são perpassados de geração a geração. As pessoas que trabalham no PAIS é um grupo familiar, assim cada pessoa desempenha uma função.

Cabe ressaltar que para possuir produtividade agrícola, necessita-se de vários condicionantes como: investimentos financeiros e assistência técnica. Dentre os órgãos governamentais que auxiliam os produtores é a Ematerce. A notícia veiculada no site oficial do órgão diz: *Ematerce assiste projetos agroecológicos em comunidades de Sobral- CE*. O objetivo da referida tecnologia que é possibilitar a produção de alimentos (frutas e hortaliças) mais saudáveis, sem uso de agrotóxicos, servindo tanto para o consumo das famílias dos agricultores da comunidade como para a comercialização.

Figura 4- Sistema Mandala de Produção de Alimentos



Fonte: ASSIS, 2022

Diante dessas considerações, a figura 4 expõe o mandala, o referido sistema foi construído no ano de 2010. No ano de implantação do mandala, iniciou-se a criação de aves, como: patos, galinhas e peixes. Esses animais colaboram no ciclo natural desse sistema, tanto no equilíbrio natural entre as espécies vegetais e animais. Nesse caso, na imagem ver-se as bananeiras, assim as abelhas realizam o processo de polinização que atua diretamente na frutificação e reprodução das espécies vegetais do local.

É oportuno frisar, que atualmente, existe apenas peixes no mandala, que são criados para somente para a subsistência humana, para a alimentação. Ao entorno do sistema existem frutos comestíveis como: acerola, goiaba, manga e banana. Merece ressaltar, que a arborização do sítio comunitário, onde fica o mandala é essencial para a estabilidade climática da área e qualidade do ar, convém ressaltar a proximidade do açude. No sítio, existe uma diversidade florística de frutos e árvores nativas do semiárido, a arborização local, depende da valorização da biodiversidade local, que induz a conservação e preservação dos recursos naturais.

É preciso acentuar, que as chuvas no local são escassas, desse modo, necessita-se de outras alternativas, para auxiliar no cultivo agrícola. Comumente, a irrigação é uma

opção viável para o ambiente. O sistema de irrigação é por meio de encanação, que é bombeado por um motor bomba d'água que fica as margens do açude.

Desse modo, na figura 4, verifica-se galhos de mangueiras cortados, as mangueiras podadas e folhas no chão. Tanto, os galhos, folhas e frutas estragadas são reutilizadas para o processo de compostagem, que visa produzir compostos orgânicos para adubação das plantas no sítio e a poda das plantas ajudam no crescimento vegetativo das árvores. Os saberes sobre compostagem, poda e reutilização dos componentes orgânicos são ensinados por meio de oficinas temáticas, visita de técnicos agrícola e pesquisas científicas que são desenvolvidas na área da pesquisa. Essas práticas ambientais somam-se a temas contemporâneos como a Educação Ambiental, que é uma temática que necessita efêmeras discussões e práticas nos espaços sociais.

No decorrer da pesquisa, observou-se que em São Domingos, não é apenas a agricultura, como fonte de renda exclusiva, existem outros ramos, como: criação de ovinos e caprinos, que é a caprinocultura, o fragmento abaixo apresenta informações sobre a história da extensão rural na localidade. A matéria diz: *Sobral: Sítio São Domingos é atendido pela Ematerce.*

Diretoria Executiva e vários técnicos dos escritórios das regiões administrativas de Sobral e Ibiapaba e também do centro gerencial da Ematerce realizaram uma visita grupal, em Sobral, à comunidade São Domingos que fica a 30 quilômetros da sede do município e que recebe orientações técnicas do escritório da Ematerce de Sobral. A história da atuação da extensão rural oficial na comunidade São Domingos começou em 1993, com apoio ao projeto "Cabra Nossa", idealizado pelo padre e líder comunitário, João Batista. Na época, 32 famílias se beneficiaram com o recebimento de 200 cabras e mais 10 gaiolas para piscicultura, implantadas no açude Jaibaras. No mesmo ano, a Ematerce elaborou um Pronaf visando o aumento de gaiolas para criação de peixes, proporcionando um incremento significativo na produção. Hoje, existem em produção 120 gaiolas, produzindo 15.000 quilos/ mês de peixes. A Ematerce também fez vários projetos para financiamento de custeio para aquisição de ração, para suprirem as necessidades da piscicultura.

CONCLUSÕES

Para fins desse estudo, os sistemas agroecológicos estudados são essenciais tanto para o equilíbrio ecológico, como a qualidade de vida das pessoas, que consomem os alimentos produzidos nos respectivos sistemas: mandala e PAIS. É necessário sublinhar, a relação dos ODS, com o artigo em questão, que comungam com os ODS 1- Erradicação da pobreza, 2-Fome zero e agricultura sustentável e o 11- Cidades e comunidades sustentáveis.

Assim, a comunidade de São Domingos é um exemplo de comunidade sustentável, tais agrossistemas são responsáveis pelo desenvolvimento sustentável local, onde há práticas ambientais, como: a compostagem, a comercialização de alimentos orgânicos e preservação dos recursos hídricos, como a proteção das matas ciliares do açude.

A alimentação humana é um tema que necessita debates entre as organizações internacionais, como é o caso da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura- FAO. É sabido que muitas pessoas sofrem com a insegurança

alimentar, devido à falta de refeições diárias. Desse modo, a implantação de outros agrossistemas, em outras comunidades rurais são essenciais para prevenção desse fato. Como foi colocado, muitas pessoas consomem alimentos industrializados, prejudiciais para a saúde humana.

De modo similar, além da segurança alimentar, com a implantação de outros mandalas, em comunidades, lugares similares a São Domingos, auxiliam no fomento de uma renda financeira específica. Convém observar que, os programas governamentais de aquisição de alimentos são necessários no escoamento de renda dos produtores.

Como é sabido, é necessário fomentar a agricultura familiar, na qual a alimentação dos grandes centros urbanos advém da produção rural, sendo assim é necessário investir em cursos sobre a agricultura familiar, erosão de solos, evidenciado as causas negativas do processo de erosão que ocasiona a perda da produtividade agrícola e entre outros fatores que devem ser discutidos.

AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq e FUNCAP pelo financiamento do Projeto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. L.; FALCÃO SOBRINHO, JOSE. Convivencia con la región semiárida a partir del uso de cisternas de placas en el municipio de Frecheirinhas, estado de Ceará, Brasil. AGUA Y TERRITORIO JCR, v. 15, p. 89-106, 2020.

ALMEIDA, C. L. A convivência com o semiárido a partir do uso de cisternas de placas na zona rural do município de Frecheirinha-CE: Dimensões na paisagem da superfície sertaneja. 2017. 162 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Sobral.

ALTIERI, M. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

ARAÚJO, A. C.M.; GOUVEIA, L. B. Uma Revisão Sobre Os Princípios Da Teoria Geral Dos Sistemas. **Estação Científica**. Juiz de Fora, nº 16, julho –dezembro /2016. Disponível em: <https://portal.estacio.br/media/3727396/uma-revis%C3%A3o-sobre-os-princ%C3%ADpios-da-teoria-geral-dos-sistemas.pdf>. Data de Acesso: 08 mar. 2022.

ABREU, Y. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; GUERRA, S. M. G. **Energia, Economia, Rotas Tecnológicas**: Textos Selecionados. Funcionamento do Sistema Mandala, 2010. Disponível em: <<http://www.eumed.net/libros/2010e/827/Funcionamento%20do%20Sistema%20Mandal%20a.htm>>. Acesso em: 15 set. 2016.

BRITO, P. F.; MELLO, M. G. S. Horta agroecológica como caminho para encontros. **Cad. Saúde Pública**, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v32n11/1678-4464-csp32-11-e00179816.pdf>>

BARROS, F.; MORAES, V.. **Projeto Mandalla**. Espaço ecológico no ar, 2009. Disponível em: <<http://www.espacoecologicooar.com.br>>. Acessado em: 14 abr. 2016.

CARVALHO, Bruna Lima; FALCAO SOBRINHO, José. **Social Consumption and Production Technologies in the Context of the Landscape of the Hillside Surface in the Municipality of Mucambo-Ce.** Journal of Geography, Environment and Earth Science International. 25(1): 33-45, 2021.

DOI: [10.9734/jgeesi/2021/v25i130265](https://doi.org/10.9734/jgeesi/2021/v25i130265)

FROEHLICH, Elisângela. **A capacidade de “Fazer Diferente”**: os condicionantes legais e as estratégias de governança na implementação do programa de alimentação escolar em Dois Irmãos e Tapes (RS). 2010. 152f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FALCÃO SOBRINHO, J; COSTA FALCÃO, C.L. **Geografia Física**: a natureza na pesquisa e no ensino. Editora T.mais.oito. Rio de Janeiro, 2008.

FALCAO SOBRINHO, J. COSTA FALCAO, C.L.; PAIVA, A.M; MENDES, M.V.R.. **Implantação e uso de cisternas de placas no semiárido cearense: o caso de Taparuaba, em Sobral (CE).** Revista Homem, Espaço e Tempo. Ano IX, n.1, Sobral, 2015.

FALCAO SOBRINHO, J. MENDES, M.V.R.; COSTA FALCAO, C.L.; DA SILVA, E.V. **Os recursos hídricos em ambientes geomorfológicos distintos do nordeste brasileiro.** Fórum Ambiental Paulista. V. 13, n.13. 2017.

FALCAO SOBRINHO, J.; COSTA FALCÃO, C.L.; GOMES, M.R.; ALVES, V.C. **Social Technology Application - Pais- in Association with the Semi-arid in the Brazilian Northeast.** International Journal of Humanities and Social Science Vol. 9 • No. 3 • March 2019 doi:10.30845/ijhss.v9n3p10

FALCÃO SOBRINHO, JOSE; CARVALHO, B. L. **Social Consumption and Production Technologies in the Context of the Landscape of the Hillside Surface in the Municipality of Mucambo-Ce.** Journal of Geography, Environment and Earth Science International, v. 5, p. 33-45, 2021.

FALCÃO SOBRINHO, J. LINHARES, L.I.M; CARVALHO, B.L.; ALVES, V.C.; COSTA FALCAO, C.L. **Brazilian Semi-Arid: Potentialities and Diversity of Uses.** International Journal of Humanities and Social Science Vol. 11 • No. 8 • August 2021 doi:10.30845/ijhss.v11n8p12

FALCÃO SOBRINHO, J. **Water resources available at cisterns in the acaraú river basin,** Ceará, Brazil. Revista de Geografia e Interdisciplinaridade. V. 6, p. 1-15, Grajau, Maranhão, 2020a.

FALCAO SOBRINHO, J. **A Natureza do Vale do Acaraú: um olhar através das sinuosidades do relevo.** Editora SertãoCult, 2020b. 199p. DOI:1035260/87429137-2020

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Avaliação do projeto PAIS**: relatório final. Rio de Janeiro, 2008. 136 p.

FBB - Fundação Banco do Brasil. **Cartilha PAIS - Produção Agroecológica Integrada e Sustentável.** Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013. Disponível em: <https://www.sebraemg.com.br/atendimento/bibliotecadigital/documento/>

Cartilha-Manual-ou-Livro/Cartilha-PAIS---Producao-Agroecologica-Integrada-e-Sustentavel. Acesso em: 28 set. 2018.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

GURGEL, Edilmo. **Ematerce assiste projetos agroecológicos em comunidades de Sobral-CE**. Ematerce- Secretaria do Desenvolvimento Agrário, 2021. Disponível em: <<https://www.ematerce.ce.gov.br/2021/01/28/ematerce-assiste-projetos-agroecologicos-em-comunidades-de-sobral-ce/>>. Acesso em: 09 de junho de 2022.

GURGEL, Edilmo. **Sobral: Sítio São Domingos é atendido pela Ematerce**. Ematerce- Secretaria do Desenvolvimento Agrário, 2016. Disponível em: <<https://www.ematerce.ce.gov.br/2016/09/01/sitio-sao-domingos-em-sobral-e-atendido-pela-ematerce/>>. Acesso em 09 de junho de 2022.

GURGEL, Edilmo. **Sobral: Ematerce assiste comunidade São Domingos através do NIT**. Ematerce- Secretaria do Desenvolvimento Agrário, 2019. Disponível em: <<https://www.ematerce.ce.gov.br/2019/10/23/sobral-ematerce-assiste-comunidade-sao-domingo-atraves-do-nit/>>. Acesso em 09 de junho de 2022.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; RIBEIRO FILHO, O. P.; SEIXAS FILHO, J. T. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjeriço (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v. 3, n. 1, p. 51-5, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Boletim Mensal do Programa de Monitoramento e Risco de Queimadas e Incêndios Florestais**, São José dos Campos, SP, v. 2, n. 5, maio 2017. Disponível em:

Erro! A referência de hiperlink não é válida. Acesso em: 15 jul. 2020.

JESUS, V. M. B.; Costa, A. B. Tecnologia social: breve referencial teórico e experiências ilustrativas. In: Costa, A. B. (Org.). **Tecnologia social e políticas públicas**. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013. p.17-32.

KENEAFSEY, M. et al. Short Food Supply Chains and Local Food Systems in the UE. A State of Play of their Socio-Economic Characteristics. **JRC SCIENTIFIC AND POLICY REPORTS**. União Europeia. 2013. Disponível em: <[http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC80420/final%20ipts%20jrc%2080420%20\(online\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC80420/final%20ipts%20jrc%2080420%20(online).pdf)>. Acesso em 01/05/2018.

KÜSTER, A., MARTÍ, J. F., & MELCHERS, I. (2006). **Tecnologias apropriadas para terras secas: manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer.

MARTINEZ, S. et al. Local food systems: Concepts, impacts, and issues, ERR 97. **US Department of Agriculture, Economic Research Service**, v. 5, 2010.

MESIANO, Â; DIAS, R. **A Tecnologia Social como estratégia para o desenvolvimento sustentável: o caso da Mandalla**. In: VII ESOCITE. Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias. Rio de Janeiro,

2008. Disponível em: <http://www.necso.ufrj.br/esocite2008/resumos/36047.htm>.
Acessado em: 14 mar 2015.

MAGALHÃES, L. C. M.; COSTA FALCAO, C.L.; FALCAO SOBRINHO, J. **O sistema mandala como alternativa para uma melhor convivência com o semiárido, implanta do no assentamento são joão no município de Sobral-CE**, Revista Homem, Espaço e Tempo, v. 1, p. 12-24, 2012.

MESIANO, A.; DIAS, R. (2008). **A Tecnologia Social como estratégia para o desenvolvimento sustentável: o caso da Mandalla**. Artigo apresentado na VII Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias - ESOCITE, Rio de Janeiro. Acessado 11/05/1011, em <http://www.necso.ufrj.br/esocite2008/resumos/36047.htm>

NASCIMENTO, T. C.; MENDONÇA, A. T. B.; CUNHA, S. K. Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. **Cadernos EBAPE.BR, v. 10, n. 3, p. 630-51, 2012.**

N'DIAYE, A. Multiplicando um sistema agroecológico sustentável. In: MELLO, C.; STREIT, J.; ROVAI, R. (Org.). **Geração de trabalho e renda, gestão democrática e sustentabilidade nos empreendimentos econômicos solidários**. São Paulo: Publisher Brasil, 2009.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). **Programas de alimentación escolar y compras da agricultura familiar campesina en los programas sociales de asistencia alimentaria: taller técnico regional**. Manágua: [s.n.], 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO A CIÊNCIA E A CULTURA [UNESCO]. **Agenda de desenvolvimento pós-2015: UNESCO e os objetivos de desenvolvimento sustentável**. Brasília-DF: UNESCO, 2015. Disponível em <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/post-2015-development-agenda/> Acesso em: 8 mar. 2018.» <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/post-2015-development-agenda/>

PAIS – **Produção Agroecológica Integrada e Sustentável**: mais alimento, trabalho e renda no campo. 1. ed. Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2012. Disponível em: <<https://www.fbb.org.br/data/files/83/C6/BC/B4/6F02D310114481D3BD983EA8/Livro%20Pais.pdf>. Acesso em: 12 dez 2013.

PAULINO, R. D. et al. **MANDALLA - DA TRADIÇÃO À CONTINGÊNCIA: um exemplo simples de desenvolvimento ambiental e sustentável**. In: II Jornada Nacional de Agroindústria, 2007, Bananeiras. II Jornada Nacional de Agroindústria, p. 1-4. 2007.

ROMAN, A. (Org.). **Avaliação de programas e projetos sociais: a experiência da Fundação Banco do Brasil**. Brasília: Fundação banco do Brasil, 2013.

ROMÃO, M. M. Produção agroecológica integrada e sustentável (PAIS), uma tecnologia social para construção da segurança alimentar. In: MORAIS, L.; BORGES, A. (Org.). **Novos paradigmas de produção e consumo: experiências inovadoras**. São Paulo: Instituto Polis, 2010.

SEBRAE. Conheça a tecnologia PAIS e saiba por que melhora vida no campo. 2017a. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca->

[atecnologia-pais-e-saiba-por-que-ela-melhora-vidanocamp
o,8b598b88ba73e410VgnVCM1000003b74010aRCRD](https://doi.org/10.8b598b88ba73e410VgnVCM1000003b74010aRCRD). Acesso em: 03 ago. 2018.

SEBRAE. **Unidade Familiar de produção Agrícola Sustentável**. Fortaleza-CE. SEBRAE, 2004.

SACCO DOS ANJOS, Flávio. **Agricultura Familiar, Pluriatividade e Desenvolvimento Rural no Sul do Brasil**. Pelotas/RS: EGUFPEL, 2003. 272p

TRICHES, Rozane Marcia. **Repensando o mercado da alimentação escolar: novas institucionalidades para o meio rural**. In: GRISA, Catia; SCHNEIDER, Sergio (Org.). Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil Porto Alegre: UFRGS, 2015. p. 161-200.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 14, n. 39, p. 85-100, 2000.

AVALIAÇÃO REMOTA DOS RIOS E CÓRREGOS UTILIZANDO COMO FERRAMENTAS METODOLÓGICAS O PAR/GOOGLE EARTH E COMMANDER LITE - ESTUDO DE CASO – RIO SANTO ANTONIO -RJ

Ana Cristina Figueira de Almeida de Souza Ramos
Sheila Silva da Costa Fernandes

INTRODUÇÃO

Desde sua existência, o homem mantém diversas relações de interação com o ambiente à sua volta, modificando e transformando-o de acordo com suas necessidades; sendo assim, não há ecossistemas que não tenham sofrido influência direta e/ou indireta do homem. A degradação ambiental está fortemente associada a essas relações, sobre tudo ao atual modelo de desenvolvimento socioeconômico adotado no país, um dos grandes precursores do problema, pois apresenta permanente conflito com o ambiente, devido à ausência de uma ocupação planejada.

Sendo assim, as formas de produção e consumo espacial das cidades modernas, somadas a à histórica permissividade à poluição dos corpos d'água e à falta de instrumentos jurídicos e normativos para a proteção e recuperação dos cursos d'água foram responsáveis por uma contínua e acentuada degradação dos corpos hídricos brasileiros, especialmente na segunda metade do século XX. Indiscutivelmente a água é a principal substância para a manutenção da vida, sendo insubstituível e indispensável para todas as atividades humanas segundo Oliveira e Nunes (2015), sem deixar de mencionar sua relevância para todos os sistemas vivos e seus múltiplos usos.

A poluição tornou-se uma das consequências mais preocupantes, interferindo no equilíbrio dos ecossistemas por conta do aumento exacerbado da população nos últimos dois séculos segundo Pedroso e Colesanti (2017); e dentre todos os tipos de poluição, a hídrica apresenta um dos maiores desafios para as atuais gestões e seus planejamentos que necessitam ressignificar seus modelos de desenvolvimento ambientalmente e socialmente sustentável.

Sob esse viés novas metodologias devem ser empregadas principalmente dentro das escolas objetivando uma educação crítica e emancipadora e para isso a Educação Ambiental promove uma visão integral sobre preservação do meio ambiente incluindo todos os ecossistemas, inclusive os recursos hídricos estimulando a consciência ambiental de forma integral adotando práticas interdisciplinares no ambiente escolar influenciando diretamente a formação da percepção dos envolvidos sobre temas ambientais.

Sobre este aspecto, é importante destacar que os protocolos não pretendem ser documentos rígidos e conclusivos, a ideia é agregar atributos básicos visuais que devem ser considerados na avaliação da estrutura ecológica dos ambientes fluviais, tanto aqueles localizados em áreas naturais quanto em áreas antropizadas (Barbour et al., 1999).

Vale destacar que variadas adaptações podem ser realizadas caso haja necessidade, sendo, portanto, aplicáveis a qualquer tipo de ecossistema.

Assim, o presente estudo objetivou adaptar o PAR (Protocolo de Avaliação Rápida), instrumento de avaliação ambiental, adaptável tanto para as Ciências Biológicas quanto para as Ciências Geográficas, neste caso específico, para avaliação de cursos d'água do município do Itatiaia, utilizando como referência os protocolos de Rodrigues e Castro (2008b) e Guimarães et al. (2012) identificando os parâmetros pertinentes em termos fitofisionômicos e eco-geomorfológicos à região do Rio Santo Antônio (RJ) para ser utilizado como ferramenta de ensino em Geografia/Educação Ambiental no ensino médio e como pressuposto da realização de um trabalho balizado na criticidade e tomada de decisões de ações futuras.

Além do uso do PAR, outras ferramentas como o Google Earth, já utilizado pelos alunos em suas aulas de geografia e o Commander compass lite como aplicativo de GPS como ferramenta de navegação; tendo como uso principal o deslocamento em áreas urbanas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na cidade de Itatiaia situada na divisa dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, (segundo figura 1) na Serra da Mantiqueira; cujo município conta com importantes nascentes de rios que compõem as bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e do Rio Grande que se localizam na região do Parque Nacional do Itatiaia, o primeiro Parque Federal fundado no Brasil em 1937, pelo então presidente Getúlio Vargas.

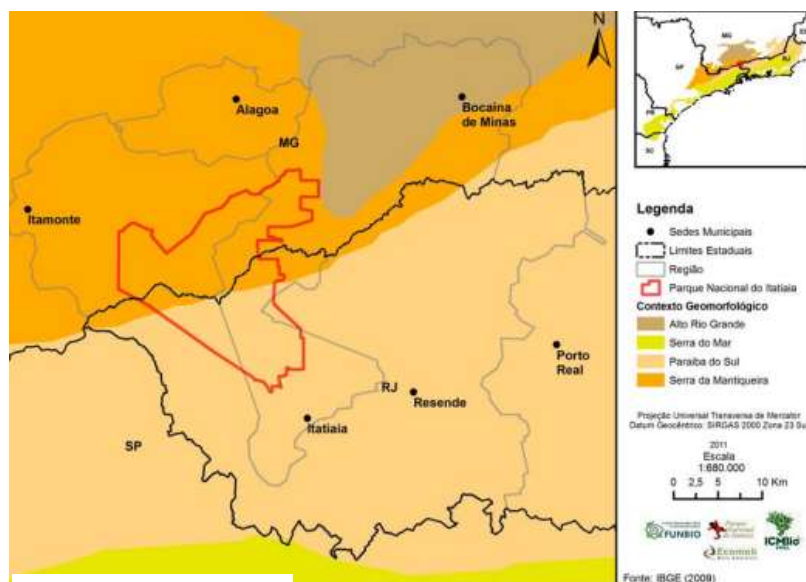


Figura 1 – IBGE 2009

O parque é cortado por dois rios principais, ambos com nascente ao redor do Pico das Agulhas Negras, seu ponto mais elevado. O Rio Campo Belo, que forma o complexo de cachoeiras da parte alta do Parque Nacional do Itatiaia e o Rio Preto, que corta o parque passando por Maringá e Visconde de Mauá, divisa dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Demograficamente, Itatiaia possui, segundo dados do último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aproximadamente 29.996 habitantes (IBGE, 2010).

O município é caracterizado por relevos de montanhas e montanhas rochosas; onde são formadas as escarpas da Serra da Mantiqueira. além de pequenas Planícies fluviais (MAGRO, 1999, p. 36). A importância geológica da região se deve, particularmente, às elevações do Planalto do Itatiaia, destacando-se o Pico das Agulhas Negras (2.791 m) e o Maciço das Prateleiras (2.548 m). As rochas do maciço do Itatiaia são afloramentos de rochas metamórficas do Pré-Cambriano brasileiro, constituindo tipos de gnaisses com xistosidade predominante em alguns pontos. A rocha é considerada de origem eruptiva, mas não está incluída no grupo das rochas vulcânicas (IBDF, 1982).

O maciço do Itatiaia é divisor de águas de duas bacias, a do rio Paraíba e a do rio Grande. Nos vales suspensos do Planalto do PNI, nascem vários rios integrantes das bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e do Rio Grande. A 2.400 m de altitude, nasce o rio Campo Belo, que percorre 38 Km pelo Parque e abastece a cidade de Itatiaia, sendo o principal responsável pelo equilíbrio do ecossistema. A bacia do rio Paraíba do Sul é a maior e a mais importante rede de drenagem do Estado do RJ. Além das cidades do vale do Paraíba nos Estados do RJ e SP ela é a principal fonte de abastecimento na região metropolitana do RJ, além de desempenhar importante papel na produção de energia elétrica para o Estado.

O Rio Santo Antônio, um dos principais afluentes da cidade, nasce no entorno do Parque Nacional do Itatiaia, na Fazenda Cazunga, cortando vários bairros da cidade até desaguar no Rio Paraíba do Sul.

Segundo Pereira et al. (2006), a flora arbórea das florestas do maciço do Itatiaia podem ser considerada como uma das maiores riquezas florísticas da região (conforme imagem 2) entre áreas de floresta ombrófila montana no sudeste do Brasil. Conforme o sistema de classificação proposto no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 1991), a vegetação do Itatiaia se distribui em Floresta Ombrófila Densa Montana até a altitude de 1.500m, Floresta Ombrófila Densa Alto Montana, acima de 1.500m de altitude; Floresta Ombrófila Mista Montana em altitudes de 40



Imagens 2 – Riquezas Florísticas. Acervo pessoal/ Fotógrafo Ricardo Deutsch Junior

cerca de 1.200m e Floresta Estacional Semidecidual Montana na vertente continental do parque (SANTOS & ZIKAN, 2000).

Grupo focal

A presente pesquisa contou com a participação de 50 alunos, do 1º ao 3º ano do Ensino Médio do Colégio Cenecista Castello Branco – Itatiaia/RJ levando em consideração a escolaridade, a quantidade de alunos envolvidos, a interlocução entre as disciplinas (biologia e geografia) e a localidade da instituição de ensino (perímetro urbano e inserção do Rio Santo Antônio pela escola). Inicialmente foram trabalhados diversos assuntos ligados as áreas ambientais, geográficas e biológicas perfazendo um total de três encontros para apresentar as estratégias a serem seguidas, metodologias e práticas a serem elaboradas. O projeto teve 6 meses de duração, iniciando no mês de maio e terminando em dezembro com as devidas proposições/melhorias/soluções apresentadas pelos alunos.

Definindo estratégias

Em sala de aula, em um primeiro encontro, (duas aulas de 50 minutos) foi discutida a importância das bacias hidrográficas e dos rios/córregos existentes na região, a cobertura vegetal e sua interrelação com os corpos hídricos, as relações inter e extra específicas existentes entre os macro e micro vertebrados e invertebrados com as margens e suas co-dependências. Assim, foi diagnosticado através de conversas informais com os alunos os pontos importantes a serem analisados e discutidos, associados às ações antrópicas, principalmente associados ao lixo, aos processos erosivos causados pelo intemperismo, esgoto doméstico e ocupação irregular.

Num segundo encontro (duas aulas de 50 minutos) foi apresentada as ferramentas Google Earth e Commander Compass lite, bem como suas possibilidades de uso e suas funcionalidades a fim de tornar as metodologias de fácil entendimento para possibilitar a interlocução com o uso do PAR concomitantemente. Vale ressaltar que em sua grande totalidade os alunos envolvidos já sabiam trabalhar com ambas as ferramentas apresentadas, visto que, os professores das disciplinas de biologia e geografia, já as utilizavam em suas aulas; o que facilitou a interlocução com o PAR.

O terceiro encontro (uma aula de 50 minutos) foi utilizado para apresentar o PAR, seus objetivos, seu parâmetro e sua forma de análise, onde para cada um dos parâmetros analisados, conforme assinala Guimarães et al. (2012), os valores deveriam ser atribuídos correspondentes à situação verificada no local da avaliação, variando de uma situação “ótima” onde a nota 10 seria aplicada, “boa”, nota 05 e uma situação “ruim”, nota 0.

Por serem de avaliação rápida e de fácil entendimento, os PARs são ferramentas que reúnem métodos qualitativos e semi-quantitativos, utilizados de forma analítica/visual de parâmetros físicos que determinam a qualidade do meio sendo possível detectar alterações nas dinâmicas ecológicas de um conjunto de variáveis que representam os componentes e fatores que controlam e determinam os processos e funções dos sistemas fluviais (Callisto et al., 2002, Rodrigues e Castro, 2008).

Foi sugerido aos alunos um mês como tempo a ser trabalhado na captura das imagens, bem como o preenchimento dos formulários de avaliação dos parâmetros analisados.

Seleção dos Pontos a serem analisados com a utilização do PAR

A seleção dos pontos baseou-se na facilidade de acesso aos trechos pelos alunos, nas condições ambientais e nos níveis de intervenção antrópica nesses locais de acordo com os parâmetros contemplados nos protocolos de Guimarães (2012) e Rodrigues e Castro (2008b) que são características do fundo do rio, sedimentos, erosão, lixo, alterações do canal, esgoto doméstico ou industrial, oleosidade da água, plantas aquáticas, animais na água, odor da água, sinuosidade do canal, proteção das margens pela vegetação e ocupação das margens. Também se levou em consideração a busca por trechos minimamente perturbados, tidos como locais de referência (Plakfin et al., 1989).

No total foram levantados 10 pontos, sendo o ponto 1 e 2 (segundo figura 2), selecionados pelos pesquisadores para iniciar a avaliação, pois localizavam-se no início do perímetro urbano (ponto 1), entrada da cidade e da Escola, e o (ponto 2) estava inserido dentro do Colégio Cenecista Castello Branco, local de inserção do corpo discente/docente. Os demais pontos selecionados pelos alunos do (E.M.) se balizaram em seus trechos habituais de seus percursos feitos da escola/casa vise versa facilitando assim as análises das áreas selecionadas pelos mesmos.



Figura 2 – Localização dos trechos 1 e 2

Descrição/adaptação dos parâmetros inseridos no protocolo adaptado a serem utilizados pelos alunos

Os parâmetros utilizados se basearam nas conversas realizadas com os alunos nos encontros anteriores referenciando as observações feitas pelos mesmos em seus

percursos habituais. Dentre todos os parâmetros apresentados nos encontros anteriores, foram selecionados pelos alunos 12 parâmetros a serem apresentados:

Parâmetro 1: Características do fundo do rio (substratos)

Para descrição e análise desse parâmetro apresentado, foi proposto aos alunos analisarem seguindo uma ordem de avaliação/pontuação atribuindo aos trechos analisados uma pontuação de 0 a 10, onde 10 seria uma avaliação ótima sendo atribuída aos trechos que apresentam muitos galhos ou troncos, cascalhos (pedras), folhas e plantas aquáticas no fundo do rio.

Quando no trecho avaliado, for observado poucos galhos ou troncos, cascalhos (pedras) no fundo do rio, ou se existem galhos e troncos que estão inclinados sobre o curso d'água, mas que ainda não fazem parte do substrato do rio, deve-se considerar a situação como “boa” recebendo pontuação 5. Por fim, em caso de observação de uma situação, muito diferente da condição referenciadas a condição ótima descrita anteriormente como a ausência de galhos ou troncos, cascalhos (pedras), folhas e plantas aquáticas no fundo do rio, pontuar-se a com 0, situação “ruim”.

Inicialmente foi proposto a análise das características do fundo do rio (substratos) que poderiam ser vistas em lócus; uma vez que a maior variedade e/ou proporção de substratos e a quantidade e variedade relativa das estruturas naturais no rio, tais como seixos, matacões, troncos e galhos de árvores caídos, além de margens escavadas disponíveis em potencial disponibilizam diferentes nichos para a biota aquática como refúgio, alimento e local de desova aumentando a diversidade biológica, justificando assim a importância de tal parâmetro. Ferreira e Casatti, (2006); Molinos e Donohue, (2009) e Barbour et al. (1999).

Parâmetro 2: Sedimentos no fundo do rio

Para descrição e análise desse parâmetro, uma situação “ótima” deve ser atribuída aos trechos que se observa acúmulo de lama ou areia no fundo do rio. Quando for observado a presença de lama ou areia no fundo do rio, mas ainda é possível ver as pedras e plantas aquáticas em alguns trechos, deve-se considerar a situação como “boa” pontuação 5. Por fim, quando o fundo do rio apresentar muita lama ou areia, cobrindo galhos, troncos, cascalhos (pedras), e ausência de abrigos naturais para os animais se esconderem ou reproduzirem, deve-se considerar a situação como “ruim” pontuação 0.

Nesse parâmetro, é avaliado a quantidade de sedimentos que se acumulam nos poços e as mudanças ocorridas no fundo do curso d'água, com resultado da deposição.

Vale destacar que os sedimentos são um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais, influenciando sobre a comunidade de macro invertebrados bentônicos, sendo assim, um dos principais fatores responsáveis pela estrutura e distribuição das comunidades biológicas em ecossistemas aquáticos Ward (1992), Callisto e Esteves (1996) e Gonçalves et al. (1998).

Parâmetro 3: Erosão

Esse parâmetro, apresenta importância por analisar a erodibilidade das margens (ou o potencial à erosão). Segundo Barbour et al. (1999) e Minatti e Beaumord, (2006), as margens mais íngremes são mais susceptíveis à queda e erosão.

Este parâmetro está relacionado à presença de vegetação nas margens; sendo assim, a retirada da cobertura vegetal proporciona condições favoráveis ao assoreamento causado pela erosão do solo e aumentando também as deposições de sólidos no corpo receptor contribuindo para a diminuição da infiltração de água.

Para descrição e análise desse parâmetro, uma situação “ótima” deve ser atribuída aos trechos que não apresentam erodibilidade. Quando for observado algum tipo de erosão, sem perda erosiva visível, deve-se considerar a situação como “boa” pontuação 5. Por fim, quando a erodibilidade for intensa, deve-se considerar a situação como “ruim” pontuação 0.

Parâmetro 4: Lixo

Esse parâmetro analisa a presença e a quantidade de lixo no leito e margens do curso d’água. Por conta de Itatiaia está inserida num trecho industrial/turístico e em profunda e contínua urbanização foi selecionado como um dos parâmetros mais importantes em análise pelos alunos.

Assim a situação considerada “ótima”, pontuação 10, indica a ausência de lixo no fundo ou nas margens do rio, “boa”, pontuação 5, a presença de pouco lixo doméstico no fundo ou nas margens do rio e “ruim”, pontuação 0, a presença de muito lixo no fundo ou nas margens do rio.

Parâmetro 5: Alterações no canal

O parâmetro em análise avalia qualquer ação que provocou uma mudança no curso natural da água e que por ventura, pode ou modificou as comunidades fluviais que outrora habitavam as margens analisadas. Segundo Rodrigues et al. (2008), a formação de diques, aterros, drenagens, barragens, pavimento e desvio de fluxo são fatores que contribuem para as perturbações dos canais; em contrapartida, a presença dos mesmos influencia a seletividade de espécies mais resistentes, dificultando e até mesmo impedindo a estabilização e manutenção de um equilíbrio ambiental (Cionek et al., 2011)

Como avaliação teremos como situação “ótima” trechos que apresentam canal normal, sem a presença de construções que alteram a paisagem. A situação “boa” quando no trecho analisado as margens se encontram cimentadas, ou existem pequenas pontes que sinalizam canalizações antigas. A situação considerada “ruim” apresenta as margens totalmente pavimentadas, presença de pontes ou represas no rio.

Parâmetro 6: Esgoto doméstico ou industrial

Esse parâmetro busca analisar a presença visível, de tubulações de esgoto no curso d’água avaliado. Assim, uma situação “ótima” deve ser atribuída aos trechos que não se observam canalizações de esgoto doméstico ou industrial, “boa” quando for observado a existência de canalizações de esgoto doméstico ou industrial em algum ponto do rio e deve-se considerar a situação como “ruim” quando existir canalizações de esgoto doméstico e industrial em um longo trecho do rio ou em vários trechos.

Parâmetro 7: Oleosidade da água

Nesse parâmetro busca analisar visivelmente, a presença de manchas de óleo no leito do rio. A análise deste parâmetro baseia-se na presença ou não de oleosidade na água,

por isso a situação “ótima” deve ser atribuída aos trechos que não se observam oleosidade na água e “ruim” quando se observam manchas de óleo na água. Importante salientar que nesse parâmetro não há a pontuação referenciada ao “bom” por conta de periculosidade dessa substância na água e no solo.

Parâmetro 8: Plantas aquáticas

O critério em questão, observa a presença de plantas aquáticas submersas, parcialmente submersas e flutuantes, a observação nesse parâmetro se encontra como fator de importância por ser utilizado como critério de monitoramento da qualidade da água. Segundo Rocha (2012), esse tipo de vegetação como pequenas macrófitas aquáticas, musgos, algas proporcionam um ambiente que suporta uma variedade mais ampla de organismos, fornecem abrigo para macro invertebrados e vertebrados como peixes recém-nascidos. Sendo assim, situação “ótima” deve ser atribuída quando se observa plantas aquáticas em vários trechos do rio, “boa” quando for observado a existência de poucas plantas aquáticas no rio e “ruim” quando não se observa plantas aquáticas no trecho rio analisado.

Parâmetro 9: Animais

Nesse parâmetro se observa a presença de pequenos peixes, insetos aquáticos, anfíbios e aves no trecho avaliado. Quando se observa com facilidade os animais aquáticos a situação é considerada “ótima”, se detectarem apenas animais, a situação é “boa”, e caso não haja observação de qualquer tipo de animal no trecho avaliado, a situação é considerada “ruim”.

Parâmetro 10: Odor da água

O parâmetro referenciado, avalia a percepção do “mau cheiro” vindo do trecho analisado. A situação considerada “ótima”, representa a ausência de odor na água e a condição “ruim” ocorre quando a observação de um odor inerente a putrefação. Vale destacar que nesse parâmetro apenas se verifica a presença ou ausência de odor, sendo a avaliação registrada apenas nas situações ótima ou ruim.

Parâmetro 11: Proteção das margens pela vegetação

O parâmetro analisado, procura estimar visualmente a quantidade de vegetação disponível ao longo das margens. Neste parâmetro é avaliado a quantidade de vegetação natural disponível ao longo das margens, em detrimento da ocupação antrópica. A nota é atribuída separadamente para cada margem. Assim uma situação “ótima”, deve ser atribuída quando a superfície da margem é totalmente coberta por vegetação nativa e a maioria das plantas podem/conseguem crescer naturalmente, “boa”, quando a margem está parcialmente coberta pela vegetação, e “ruim”, quando é evidente a inexistência da vegetação devido a ocupação antrópica principalmente pelo processo de urbanização.

Parâmetro 12: Ocupação das margens

Esse parâmetro busca avaliar a existência de sinais de degradação causadas por atividades humanas. Logo a situação considerada “ótima” diz respeito a existência de vegetação e a ausência de sinais de degradação causada por atividades antrópicas, principalmente pastagens, áreas de cultivo e construções ilegais. A situação “boa”

condiz com a presença de campos de pastagem ou plantações e “ruim” a existência de construções ilegais as margens do rio.

Interlocução do PAR com o uso do Google Earth e Commander Compass lite

O PAR (Protocolo de Avaliação Rápida), trata-se de ferramentas utilizadas para realizar diagnósticos ambientais, agrupando procedimentos adaptados à avaliação rápida, qualitativa e semiquantitativa de um conjunto de variáveis, representando os principais componentes e fatores que determinam os processos e funções ecológicas de determinados lugares, nesse estudo em questão, de rios; podendo ser adaptado a qualquer outra variável por possuir linguagem fácil e objetiva.

A partir da seleção dos 12 parâmetros através do PAR, associados às imagens do Google Earth e as localizações referenciadas pelo Commander Compass lite foi possível apontar locais relevantes para estudos futuros em flora e fauna e locais extremamente impactados que requerem o posicionamento do poder público.

Segundo Miranda (2010), o Google Earth é um programa disponibilizado gratuitamente na internet que reúne em mosaico imagens orbitais, fotografias aéreas, imagens de radar (SRTM), dados vetoriais georreferenciados, permitindo explorar lugares desconhecidos próximos ou distantes do cotidiano. Tal tecnologia espacial favorece a ampliação ou a construção da noção de legenda, escala e orientação espacial tornando-se um instrumento facilitador e motivador no processo de ensino e aprendizagem de Cartografia. O Google Earth além de poder ser usado como um gerador de mapas bidimensionais e imagens de satélite, também pode ser utilizado como um simulador e interpretador das diversas paisagens. (MOREIRA, 2008).

Segundo Martins, Seabra, Carvalho (2013), os seguintes itens podem ser trabalhados em aulas de geografia, biologia e em temas ambientais como detecção e monitoramento de rios; identificação das áreas de erosão; identificação dos elementos da paisagem como vegetação, relevo, uso de solos e outros que compõem atualmente as feições dos diferentes biomas brasileiros e os impactos que eles estão sofrendo.

O Commander Compass lite, foi utilizado para referenciar o deslocamento em áreas urbanas, (percurso dentro da cidade de Itatiaia), marcando os pontos selecionados pelos alunos (pontos referentes a Longitude e Latitude). Posteriormente espacializaram esses dados em uma carta topográfica.

Ambas experiências com o Google Earth, Commander Compass lite e o PAR em sala de aula mostraram que a utilização destas metodologias se constituiu em instrumentos didáticos enriquecedores para a Educação Geográfica, tanto em meio analógico como digital, a partir de um posicionamento crítico e reflexivo do professor. Tal perspectiva é reforçada pela concepção de que as tecnologias em si não promovem novas perspectivas ao ensino de geografia, pois se exigem metodologias de ensino adequadas ao nível cognitivo dos educandos e ao contexto sociocultural dos envolvidos.

Assim, tanto o Google Earth, quanto o Commander Compass lite possibilitaram suprir materiais cartográficos atualizados nas escolas, elaborar mapas em escala grande relacionados aos espaços cotidianos dos alunos, permitiu construir noções

básicas de Cartografia que não foram desenvolvidas nos anos escolares anteriores, contribui para identificar as transformações socioespaciais facilitando a compreensão da dinâmica da produção social do espaço em seus aspectos físicos e socioeconômicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente pesquisa contou com a participação de 50 alunos, do 1º ao 3º ano do Ensino Médio do Colégio Cenecista Castello Branco – Itatiaia/RJ levando em consideração a escolaridade, a quantidade de alunos envolvidos, a interlocução entre as disciplinas (biologia e geografia) e a localidade da instituição de ensino (perímetro urbano e inserção do Rio Santo Antônio pela escola). A realização dos encontros ofereceu uma avaliação ambiental prévia dos percursos a serem analisados; facilitando a aplicação do protocolo pelos discentes e das respostas aos questionários aplicados/respondidos pelos mesmos (alunos).

Optou-se em aplicar o PAR baseado na relevância dos trajetos efetuados pelos alunos, onde cada discente apresentou seu ponto de observação, sua avaliação e sua possível solução. Sendo assim, dessa forma, foram obtidos 18 pontos (2 escolhidos pelos pesquisadores) de análise.

A partir da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida em trechos do Rio Santo Antônio foi possível obter informações importantes sobre a qualidade ambiental do curso d'água, sua ocupação, lixo, erosão, animais; sendo possível identificar os trechos com maiores problemas ambientais localizados no perímetro urbano (centro da cidade).

Vale ressaltar que o referido protocolo, Barbour et al. (1999), apresenta duas versões a serem aplicadas em rios (baixo e alto curso), sendo utilizado nesse trabalho a de baixo curso. Para se obter uma melhor discussão e comparação dos resultados, sugere-se a análise de no mínimo cinco trechos do rio avaliado. As escolhas dos trechos variaram de acordo com a abrangência da atividade e a facilidade dos alunos associada aos seus percursos diários. Quanto as imagens capturadas pelos celulares, também foram comparadas com as imagens resgatadas no Google Earth e georreferenciadas pelo Commander Compass.

É importante salientar que as características de cada parâmetro podem ser adaptadas para cada nível de ensino. O docente pode e deverá adequar o uso de conceitos e definições de acordo com o seu alunado. Sendo assim, de acordo com a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), tal proposta, abordará as Competências Gerais da Educação Básica de números dois e cinco, que exercitam a curiosidade interligando a processos investigativos levando ao alunado levantamento de hipóteses/resolução de problemas conectando saberes de diferentes áreas.

A correlação entre diferentes tecnologias digitais dinamiza e produz o conhecimento, levando ao corpo discente a exercer seu protagonismo. Diante desse contexto, se espera que os discentes desenvolvam habilidades e competências já mencionadas, mas, também, os docentes se envolvam e integre outras disciplinas a fim de torna-las atrativas.

Por fim é importante enfatizar que essas classificações não irão representar o rio como um todo, e sim, fragmentos, analisadas sob a ótica dos discentes que mesmo

instruídos, terão suas fragilidades científicas. Sendo assim, se faz importante dedicar especial atenção aos trechos mais representativos, seja por sua maior vulnerabilidade diante das ações antrópicas ou por suas melhores condições de preservação para compor um desfecho crítico/analítico da proposta em questão.

Parâmetros/Principais resultados/observações*

1. Características do fundo do rio (substratos)

Muitos galhos, troncos, cascalhos (pedras) no fundo do rio. Destaque para as características estruturais/naturais do rio, tais como seixos, matacões, troncos e galhos de árvores caídos, pontos específicos servindo como diferentes nichos para a biota aquática, alimento e local de desova facilitando o aumento da diversidade biológica, justificando assim a importância de tal parâmetro. Apresentando aspecto remexido por conta das mudanças climáticas observadas nesse período do ano na Região. (novembro)

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 100% avaliação ótima (pontuação 10)

2. Sedimentos no fundo do rio

Quantidade de sedimentos que se acumulam nos poços e as mudanças ocorridas no fundo do curso d'água, com resultado da deposição amplamente satisfatórios. Apresentando aspecto remexido por conta das mudanças climáticas observadas nesse período do ano na Região. (novembro)

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 100% avaliação ótima (pontuação 10)

3. Erosão

As margens identificadas foram caracterizadas como suscetíveis a processos erosivos.

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 47% avaliação boa (pontuação 5) e 53% avaliação ruim (pontuação 0)

4. Lixo

Por quase todos os pontos observados, foi percebido a presença de lixo as margens do Rio Santo Antônio, não pela falta de coleta seletiva presente na região, mas, pela falta de Educação Ambiental ineficaz.

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 18% avaliação boa (pontuação 5) e 82% avaliação ruim (pontuação 0)

5. Alterações no canal

Foi observado pequenas mudanças no curso natural da água. Observação de aterros e desvios de fluxos em pontos mais afastados do perímetro urbano.

Foi observado pequenas mudanças no curso natural da água. Observação de aterros e desvios de fluxos em pontos mais afastados do perímetro urbano.

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 10% avaliação ótima (pontuação 10), 37% avaliação boa (pontuação 5) e 53% avaliação ruim (pontuação 0)

6. Esgoto doméstico ou industrial

Foi observado edificações para moradia, além de estruturas para criação de animais de pequeno porte (galinheiro, chiqueiro e curral).

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 50% avaliação boa (pontuação 5) e 50% avaliação ruim (pontuação 0)

7. Oleosidade da água

Nenhuma anomalia foi observada ao longo dos pontos avaliados.

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 100% avaliação ótima (pontuação 10)

8. Plantas aquáticas

Na grande maioria dos pontos observados, a presença de plantas aquáticas submersas, parcialmente submersas e flutuantes, demonstrou um excelente critério de monitoramento da qualidade da água, pois, esse tipo de vegetação proporciona um ambiente que suporta uma variedade mais ampla de organismos, fornecem abrigo para macro invertebrados e vertebrados como peixes recém-nascidos.

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 100% avaliação ótima (pontuação 10)

9. Animais

Observação em loco em grande parte dos pontos avaliados a presença de animais (aves, roedores, insetos, peixes, etc).

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 100% avaliação ótima (pontuação 10)

10. Odor da água

Odor relativamente normal, não percebido cheiros desagradáveis nos pontos observados Coeficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 100% avaliação ótima (pontuação 10)

11. Proteção das margens pela vegetação

A vegetação é predominada por arbóreas nativas, que desempenham um importante papel na proteção dos movimentos do solo; fazendo a interceptação das gotas de chuva, propiciando a diminuição da velocidade da água, minimizando o carreamento de materiais particulados e na infiltração de água no solo. Vale ressaltar que a vegetação nessa região é de extrema importância para que a água seja bem distribuída no subsolo e alimente as nascentes dos rios e seus afluentes.

Outro fator importante referente ao solo/vegetação desse bioma é a sua característica úmida, pouco ventilada e pouca incidência solar, propriedades. Que facilitam a colonização do solo por fungos e bactérias, pequenos seres que participam de ciclos biológicos e químicos.

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 63% avaliação ótima (pontuação 10), 19% avaliação boa (pontuação 5) e 18% avaliação ruim (pontuação 0)

Ocupação das margens

Apresentou uma porcentagem considerável de notas 0 que indicaram processos erosivos nas duas margens por conta das ocupações observadas, isto se justificou por conta do indicador avaliado estar em sua grande maioria em áreas intensamente antropizadas com moradias, criação de animais, plantações bem próximos ao leito do rio inclusive a instituição em questão.

Coefficiente de análise baseado na pontuação mensurada anteriormente. 3% avaliação boa (pontuação 5), 97% avaliação ruim (pontuação 0)

A maioria dos indicadores avaliados nestes pontos receberam pontuação máxima, exceto erosão no entorno, ocupação das margens, lixo e esgoto doméstico ou industrial por estarem situados em trechos antropizados (área urbana). Os demais parâmetros situam-se em trechos mais preservados, em uma região pouco habitada e próximo ao Parque Nacional do Itatiaia. Diante dos resultados apresentados foi possível inferir que os trechos que apresentaram as notas mais baixas estão inseridos em sua totalidade no perímetro urbano, estando os trechos com condições ambientais mais favoráveis em regiões com menor índice de habitações.

CONSIDERAÇÕES NÃO TÃO FINAIS

A partir desta proposta, os alunos foram convidados a pensar criticamente a qualidade ambiental do Rio Santo Antônio, rio esquecido pelos moradores apesar de permanente no cenário da cidade. Muitas questões podem ser levantadas ao longo de toda a metodologia, bem como nas discussões, resultados e na proposição de um “futuro plano de ação” para esse Rio.

Foi percebido ao logo do trabalho as representações sociais e as percepções desses agentes envolvidos que através de suas observações e análises passaram a ser protagonistas da história ambiental de sua cidade. Esse trabalho inicial trouxe à tona problemas inerentes aos grandes e médios centros urbanos e em especial aos processos de degradação ambiental que os corpos hídricos andam sofrendo por conta dessa globalização desenfreada.

O PAR possibilitou a esses alunos a analisarem e avaliarem de forma crítica todos os problemas socioambientais e como eles estão interconectados, propiciando ações colaborativas num grande processo de mudança a nível de conhecimento, contribuindo significativamente como recurso didático aplicável a aulas e projetos de EA, Geografia e Biologia de forma interdisciplinar no ensino médio.

O Uso do PAR correlacionado as outras ferramentas (Google Earth e Commander Compass) propiciaram resultados satisfatórios, de fácil aplicabilidade e de baixo custo podendo ser aplicado em outros corpos hídricos e adaptável a outras disciplinas e conteúdo.

Por fim, os resultados produzidos foram suficientes para uma análise preliminar do Rio Santo Antônio, sendo possível compreender o contexto de degradação ambiental inicial que o mesmo apresenta, o que pode ser bastante útil para a proposição de alternativas voltadas a um melhor planejamento ambiental de modo a minimizar os problemas existentes ao longo do curso d'água.

REFERÊNCIAS

- BARBOUR, M. T., GERRISTSEN, J., SNYDER, B., STRIBLING, J. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wade able rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2. ed. Washington: EPA, 339p. 1999
- CALLISTO, M., ESTEVES, F. A. Composição granulométrica do sedimento de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). *Acta Limnol. Bras.*, v.8, p. 115-126, 1996.
- CIONEK, V. M., BEAUMORD, A. C., BENEDITO, E. Protocolo de Avaliação Rápida do Ambiente para Riachos Inseridos na Região do Arenito Caiuá – Noroeste do Paraná. **Coleção Fundamentum**. n° 72. 47p. Maringá 2011.
- FERREIRA, C. P., CASATTI, L. Influência da estrutura do habitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma microbacia de pastagem, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 642-651, 2006.
- GUIMARÃES, A., RODRIGUES, A. S. L., MALAFAIA, G. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 241-260, 2012.
- GONÇALVES, J. F. J., CALLISTO, M., FONSECA, J. J. Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida (Macaé, RJ). In: F. Esteves. (org.). **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé, RJ**. Rio de Janeiro, UFRJ, p. 299-310, 1998.
- IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (1982) – **Plano de manejo do Parque Nacional do Itatiaia**. Brasília, 207 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) – **Censo Demográfico**. Centro de Documentação e Disseminação de Informações / IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992) – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Centro de Documentação e Disseminação de Informações / IBGE, Rio de Janeiro, 92 p.
- MAGRO, T. C. **Impactos do Uso Público em Uma Trilha no Planalto no Parque Nacional do Itatiaia**. 1999. 135 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 1999.
- MARTINS, L. J.; SEABRA, V. da S; CARVALHO, V. S, G. de. O uso do Google Earth como ferramenta no ensino básico da Geografia. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0251.pdf>

MINATTI, D. D. F, BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. **Revista Saúde e Ambiente, Joinville**, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006.

MIRANDA, J. I. Sistemas de Informações geográficas e a web. In: _____. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2. ed. Brasília:Embrapa, 2010, p.367-410

MOLINOS, J. G, DONOHUE, I. Differential contribution of concentration and exposure time to sediment dose effects on stream biota. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 28, n. 1, p. 110-121, 2009.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Disponível em: http://geocities.yahoo.com.br/impactos_usp/mapas_conceituais_OFICINA_texto_apoio.pdf. 2008.

OLIVEIRA, F. M, NUNES, T. S. Aplicacation rapida Assessment protocol for vharacterization of environmental quality of stock capitation (Rio Pequeno) in City of Linhares, ES. *Natureza on line* v.13, n. 2, p. 86-91, 2015

PEDROSO, L. B, COLESANTI, M. T. M. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios em uma microbacia hidrográfica localizada ao sul de Goiás. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia. v.18, n. 64, p. 248-262, 2017.

PLAFKIN, J. L, BARBOUR, M. T, PORTER, K. D, GROSS, S. K, HUGHES, R. M. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: **Benthic macroinvertebrates and fish**. Washington, 1989.

ROCHA, C. M. C. Macrófitas Aquáticas como Parâmetro no Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 04, p. 970-983, 2012.

RODRIGUES, A. S. L, Castro PTA. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008a.

SANTOS, A. A. & ZIKAN, C. E. (2000). **Descrição Geral do Parque Nacional do Itatiaia**. In: SANTOS A. A. (editor), *Cadernos Para o Desenvolvimento Sustentável – vol. 3: O Parque Nacional do Itatiaia*. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, RJ. 173 p

WARD, J. V. **Aquatic insect ecology**. In: *Biology and habitat*. New York, John Wiley e Sons. York. 438p, 1992.

QUALIDADE FÍSICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ÁREAS URBANAS DE CIDADES DO LITORAL NORDESTINO: O CASO DE APICUM-AÇU – MA

José Francisco Monteiro Souza
Juarez Mota Pinheiro

INTRODUÇÃO

A água é uma substância composta por três átomos (H₂O), fundamental para a manutenção de todas as formas de vida no Planeta, sendo suporte essencial para todos os ecossistemas. Está presente em boa parte das atividades humanas, indispensável para a sobrevivência do homem, utilizada para o consumo, no preparo dos alimentos, na higiene pessoal e nas atividades socioeconômicas, podendo ser obtida de rios e lagos ou de fontes subterrâneas, através de perfuração de poços.

Com o processo de urbanização das cidades, as atividades econômicas e o desenvolvimento de áreas urbanas são influenciados e impulsionados a atender às necessidades da população humana que nela habitam. No entanto, esse processo de crescimento populacional e econômico acontece de forma desordenada e sem planejamento, não levando em consideração as potencialidades naturais do lugar, sendo o princípio de inúmeros problemas ambientais, a desenvolver-se na proporção do crescimento demográfico e econômico dessa região.

Dentre os muitos problemas ambientais ocasionados pelo processo de urbanização, cita-se a questão da perda da potabilidade da água, influenciada por processos de contaminação de ordem antrópicas ou naturais, sejam as superficiais como rios e lagos - mais suscetíveis à contaminação por estarem mais acessíveis, como também as águas subterrâneas que, embora de certa forma estejam protegidas por estarem confinadas em aquíferos, podem ser contaminadas e seu processo de descontaminação é bem mais oneroso e prolongado.

As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas, originando os aquíferos que são classificados em três tipos: fraturado, poroso e cárstico. Dessa forma, os aquíferos são reservas de água embaixo do solo, que abastecem rios, lagos e poços.

As fontes de contaminação antrópica de águas subterrâneas são, em geral, relacionadas ao descarte irregular de efluentes domésticos, resíduos industriais, lixões irregulares que produzem chorume e infiltram no solo e contaminam os lençóis freáticos. Além da perfuração de poços tubulares ou cacimba de forma irregular, sem o devido conhecimento da área e da legislação, podendo ocasionar a contaminação dos aquíferos e interferir na qualidade da água subterrânea.

Sabe-se que a água é elemento indispensável à existência humana, e que nenhum outro líquido a substitui. Por isso, a qualidade da água destinada ao consumo humano é muito importante, sendo questão de saúde pública. A ingestão de água contaminada ou fora dos padrões mínimos de potabilidade previstos em resoluções do Ministério da Saúde e órgãos reguladores da qualidade da água, podem ocasionar sérios

problemas à saúde, por conterem microrganismos prejudiciais à saúde e substâncias químicas nocivas, deixando-a imprópria ao consumo humano.

A qualidade da água é determinada a partir de estudos e análises químicas e microbiológicas em laboratório identificando a presença de substâncias químicas alteradas, microrganismos patogênicos prejudiciais à saúde humana, além de análise física, em laboratório ou de forma instantânea por meio do uso de equipamento multiparâmetro específico para esse fim em campo. A potabilidade da água é determinada a partir da comparação com os padrões e normas estabelecidos pelo Ministério da Saúde e órgãos reguladores da qualidade da água.

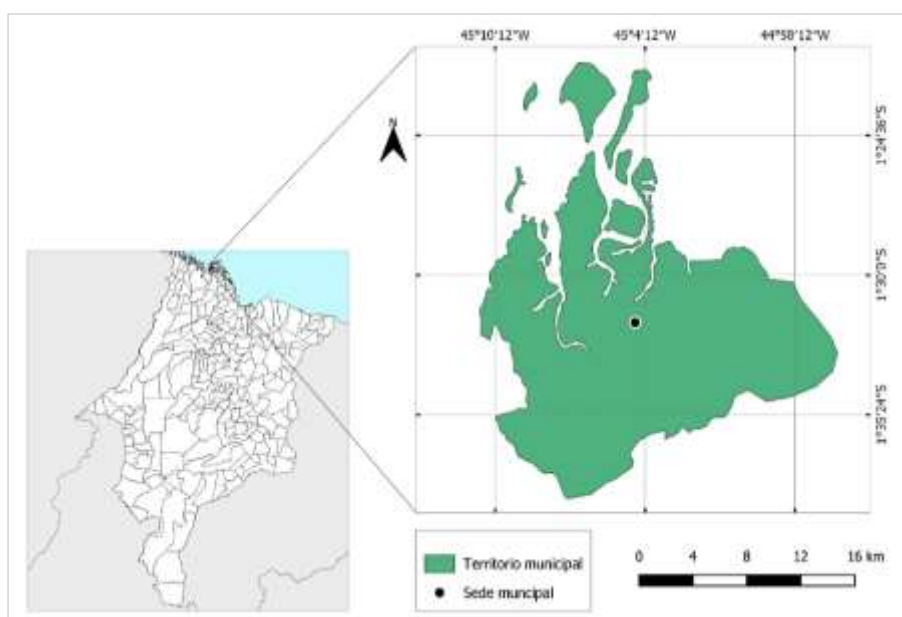
A pesquisa identificou a qualidade física da água subterrânea de poços tubulares e cacimba da área urbana do município de Apicum-Açu, estado do Maranhão, analisando os parâmetros físicos: Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (EC), Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Turbidez e Salinidade. Buscou-se, ainda, identificar possíveis problemas ambientais de ordem natural ou antrópica, que pudessem estar influenciando na qualidade física da água subterrânea nas áreas estudadas.

A pesquisa foi realizada na área urbana do município que está localizado na Mesorregião Norte Maranhense, Microrregião Litoral Ocidental, compondo a Área de Proteção Ambiental do Litoral Ocidental Maranhense, com uma população de 14.959 habitantes e uma densidade demográfica de 42,36 hab./km² (IBGE, 2010).

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Apicum-Açu é um dos 217 municípios do Maranhão e está localizado na Mesorregião Norte do Estado, dentro da Microrregião do Litoral Ocidental Maranhense, com uma área territorial de 353,2 km² (Cidade-Brasil, 2019), sendo o 195º município em extensão territorial do estado (Figura 1). Apresenta uma população estimada de 17.413 habitantes (IBGE, 2020) e uma densidade demográfica estimada de 45,38 hab./km² (Atlas Brasil, 2013).

Figura 1 - Mapa de localização de Apicum-Açu no estado do Maranhão



Fonte: IBGE (2010). Organização: Souza, J.F.M. (2020)

O município de Apicum-Açu limita-se ao Norte com o oceano Atlântico, ao Sul e Oeste com o município de Bacuri e ao Leste com o município de Cururupu (Cidade-Brasil, 2019). A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: -01°27'36" de Latitude Sul e -45°06' de Longitude Oeste. A zona urbana é constituída dos seguintes bairros: Centro, Tabatinga, Mangueirão, Nambu, Novo Apicum, Campelos, Turirana, Caruaru e Alto Alegre (Lei Municipal 271/17). Segundo dados do IBGE (2010), 9.162 habitantes, cerca de 61,25% da população, reside na zona urbana.

Geologia e Geomorfologia

O município está inserido nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que de acordo com Bandeira (2013, p. 23), “é uma bacia sedimentar que possui certa peculiaridade na sedimentação de seus litótipos”. Uma parte desses sedimentos foram depositados na era paleozoica, durante a formação da pangeia. Na era mesozoica, com a fragmentação dessa grande massa continental a deposição dessas rochas deu origem a formações como Mosquito, Pastos Bons, Itapecuru e inclusive a formação das bacias costeiras brasileira.

A área do município tem características do Grupo Barreira do Terciário, “composta predominantemente de arenitos síltico-argilosos, argilas areno-siltosas e leitos conglomeráticos, com predominância de cores avermelhadas e esbranquiçadas”. Quaternário, Depósitos Flúviomarinhas “relevo plano, recortados pela desembocadura dos cursos d’água, sujeitos a inundações frequentes de água salgada”. E Depósito Litorâneos “constituídos por sedimentos quaternários, essencialmente arenosos, típicos de ambientes marinho praias e eólico, com sedimentos predominantemente siltosos e argilosos”. (CPRM, 2011, p. 20; 21).

Além dos Tabuleiros Costeiros de São Luís e Alcântara-Guimarães, presentes entre o Golfão e o noroeste do Maranhão, “formas de relevo tabulares, apresentando extenso topos planos, com predomínio de processos de pedogênese e formação de solos espessos e bem drenados” (BANDEIRA, 2013, p. 42).

O relevo do município é formado de planícies fluviais e flúvio-marinhas, com predominância de áreas planas e levemente onduladas, recortadas por canais de circulação de águas salobras que formam apicuns, com altitude de 0 a 27 metros em média nas regiões mais elevadas. Os tipos de solos encontrados no município são Latossolo Amarelo, Plintossolo, Gleissolos e Neossolos. (CPRM, 2011, p. 19).

Padrões de qualidade da água e resoluções da CONAMA

Segundo a Resolução 396/2008, águas subterrâneas são aquelas que “ocorrem natural ou artificialmente no subsolo” (Artigo 2º, inciso I), estando estas armazenadas em aquíferos que são “corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos”. (Inciso III).

A Resolução mencionada, em seu Artigo 3º, nos incisos de I a VI, classifica as águas subterrâneas por classes, sendo estas denominadas: Especial, 1, 2, 3, 4 e 5. Diante das considerações sobre cada uma destas, destaca-se a classe 2, por suas definições se relacionarem à realidade das águas subterrâneas estudadas e analisadas nesta pesquisa. Transcreve-se a seguir o texto:

Artigo 3º inciso III: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais. (CONAMA, 2008).

A Resolução 357/2005 no Artigo 2º, determina parâmetros para classificação da água em doce, salobra e salina. Sendo água doce, as que apresentam salinidade igual ou inferior a 0,5‰. Água salobra, salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰. E água salina, com salinidade igual ou superior a 30‰ (Incisos I a III).

O Artigo 3º estabelece que “as águas doces, salobras e salinas do território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes”. O Artigo 4º classifica as águas doces por classes de acordo com suas finalidades, sendo recomendado ao consumo humano apenas as águas da classe especial até a 3, após tratamento simplificado, convencional ou avançado de acordo com a classe a que se enquadra. (Incisos I a IV).

As águas salinas são classificadas da classe especial a 3, e em nenhuma destas recomenda-se o uso para consumo humano, apenas para outras atividades menos exigentes de parâmetros de qualidade (Artigo 5º, incisos I a IV). O artigo 6º classifica as águas salobras da classe especial até a 3, recomendando-se ao consumo humano apenas águas salobras de classe 1 após tratamento convencional ou avançado. (Inciso II, alínea d).

No Artigo 14 são estabelecidos condições e padrões de qualidade para águas doces de classe 1, para as quais não deve haver “materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que comuniquem gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos objetáveis” (Inciso I, alíneas b, c, d, e, f). A turbidez permitida é de até 40 Unidades Nefelométrica de Turbidez - UNT. E o pH de 6,0 a 9,0. (Inciso I, alínea j e m).

Para as águas doces de classe 2, seguem-se os mesmos padrões e condições da classe 1, além da não permissão da “presença de corantes provenientes de fontes antrópicas, que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais”. E a turbidez é de até 100 UNT (Artigo 15, inciso I e IV). As águas doces de classe 3, seguem as mesmas condições das águas de classe 1 e 2, com pH de 6,0 a 9,0 e turbidez de 100 UNT. (Artigo 16, incisos l e n).

Águas salinas observarão às seguintes condições: “não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente...”, inexistência de óleos, graxas, espumas não naturais, substâncias que produzem odor e turbidez, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis. Tendo pH entre 6,5 a 8,5. (Artigos 18 a 20).

As águas salobras de classe 1 e 2 observarão às condições de não existências de efeitos tóxicos crônicos aos organismos, de acordo com critérios dos órgãos responsáveis, graxas, óleos, espumas não naturais, substâncias que produzam cor, odor ou turbidez. Apresentando pH de 6,5 a 8,5 (Artigos 21 e 22). As águas salobras de classe 3, observarão os critérios da classe 1 e 2, mais “substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes”, E pH 5,0 a 9,0 (Artigo 23, inciso VI).

O Artigo 42 estabelece que em lugares onde não há um estudo comprobatório que estabeleça a classe da água, as águas doces serão classificadas como classe 2. Exceto quando suas características e qualidade forem melhores, enquadrando-se às classes mais rigorosas e anteriores a esta.

MATERIAL E MÉTODO

O método adotado na realização da pesquisa foi de caráter quantitativo, que se justifica pela mensuração dos índices dos parâmetros físicos obtidos na análise da água dos poços pesquisados. Adotou-se também método qualitativo, evidenciados a partir da análise e descrição dos dados coletados. Usou-se, ainda, o método dedutivo, que se caracteriza por meio das considerações desenvolvidas a partir dos parâmetros observados, pesquisados e analisados, o que possibilitou traçar um perfil da qualidade física da água subterrânea da área estudada.

Para realização da pesquisa, desenvolveu-se trabalho de campo com os graduandos do curso de Geografia do Polo Apicum-Açu, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), para observações, coletas de águas e mensurações de parâmetros físicos da água subterrânea do município de Apicum-Açu - MA, a partir de poços do tipo cacimba e tubular de particulares, localizados na área urbana do município.

Para a coleta das amostras de água dos poços, utilizou-se como material garrafas pete (recipientes de polietileno) de água mineral de 500ml, sendo duas garrafas para cada poço, onde uma seria para lavar a Sonda Multiparâmetro Aquaread antes de fazer a análise e a outras para a análise física da água através da Sonda. (Figura 2).

Figura 2 - Sonda multiparâmetro Aquaread AP800



Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Destaca-se também a obtenção da localização georreferenciada dos poços pelo aparelho GPSMAP 78 Garmin. Foram coletadas e realizadas análises físicas de 49 amostras de águas subterrâneas de poços cacimbas e tubulares particulares dentro da zona urbana do município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Apicum-Açu está inserido na Bacia Sedimentar do Parnaíba, possuindo em seu território rios e riachos pequenos e em sua maioria perenes. Apresenta um domínio hidrogeológico com características do aquífero poroso ou intergranular, resultantes dos sedimentos consolidados do grupo Barreiras e dos sedimentos inconsolidados dos Depósitos Flúviomarinhas e Litorâneos (CPRM, 2011, p. 20; 22).

A água consumida na sede do município de Apicum-Açu, em sua maioria é proveniente de poços tubulares do sistema público de distribuição hídrica gerenciado pelo SAAE em parceria com a FUNASA, atendendo boa parte da população. No entanto, o sistema de abastecimento não supre às necessidades de todos na mesma proporção e nem é acessível a todos os bairros, havendo a necessidade de instalação de poços particulares do tipo tubular e cacimba, principalmente nas áreas não atendidas pelo sistema de distribuição regular de água.

Sabe-se que a água pura é incolor, inodora e insípida, entretanto como é um ótimo solvente natural e uma substância quimicamente muito ativa, é capaz de incorporar grandes quantidades de elementos ao entrar em contato com os minerais constituintes do solo e rochas, onde circula e está armazenada. Além da adição de partículas exógenas provenientes da ação antrópica.

As características físicas da água são de ordem estética e de elevado valor e algumas destas podem causar certo desconforto ao ser ingerida, bem como problemas de saúde, provenientes da ingestão de água fora dos padrões de potabilidade. Diante dessas considerações, a pesquisa coletou para análise das águas subterrâneas um total de quarenta e nove amostras em 49 poços particulares do tipo tubular e cacimba dentro da área urbana do município de Apicum-Açu.

Com objetivos de organização e desenvolvimento dos trabalhos a pesquisa dividiu a zona urbana do município de Apicum-Açu em quatro áreas de coleta, a saber:

Área 1: bairro Tabatinga (9 poços – sendo 6 cacimbas e 3 tubulares);

Área 2: porção oeste do bairro Tabatinga (14 poços - sendo 1 tubular e 13 cacimbas);

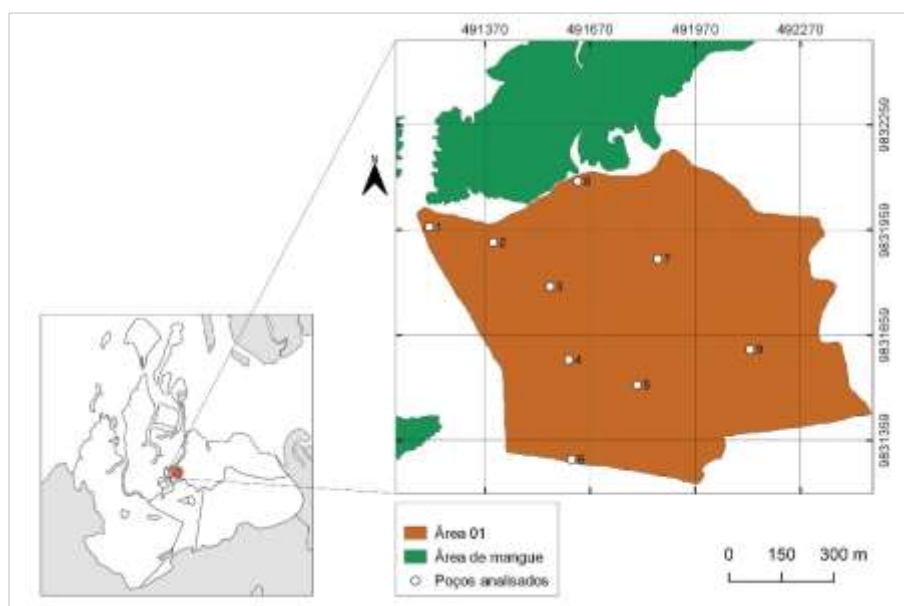
Área 3: Centro (porção oeste), Mangueirão, Campelos, e Novo Apicum (16 poços - 12 do tipo tubular e 4 cacimbas);

Área 4: bairro Nambu e a uma pequena faixa da porção leste do bairro Novo Apicum (10 poços, 7 do tipo cacimba e 3 tubulares).

Qualidade física da água subterrânea na Área 1

Por ser o bairro Tabatinga o maior do município, fez-se a divisão deste em área 1 e 2, visando maior eficácia na coleta de dados da pesquisa. A área 1 refere-se à porção leste do bairro, onde foram coletadas amostras de 9 poços – 6 cacimbas e 3 tubulares. Iniciando-se próximo a região portuária até os limites com o bairro Nambu, no sentido norte/sul. (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 1 - Apicum-Açu



Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

A área é parcialmente urbanizada, com algumas ruas pavimentadas, edificações de alvenaria, pontos comerciais e equipamentos urbanos (escolas), principalmente a região mais próxima da Avenida principal. Na porção mais a leste há uma disparidade social, região periférica denominada popularmente como “Morro”, iniciada como uma invasão, que ao longo do tempo cresceu habitacionalmente, mas não tendo a mesma atenção pública que as demais.

A área apresenta solo muito mais arenoso que os outros ambientes pesquisados, em relação a região de mangue, estabelecendo contato direto ao norte, já a noroeste, oeste e sudeste o contato é mais distante da região habitada. As amostras de água foram coletadas em poços particulares localizados nas ruas: Benedito Lopes, do Sol, Joaquim Amado, Alto Alegre e Avenida Gregório Castro, tendo os resultados demonstrados na Tabela 01:

Tabela 01 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 1

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	CONAMA/ FUNASA
pH	-	5,37	4,84	4,35	4,31	4,63	4,35	4,90	4,11	4,90	6,0 a 9,0
EC	μS/cm	462	268	124	196	122	308	229	1012	16	10 - 100
TDS	mg/L	300	164	80	127	79	199	148	659	11	≤1000
TURB	UNT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≤100
SALIN	‰	0,15	0,09	0,04	0,06	0,04	0,10	0,07	0,48	0,01	≤ 0,5‰
GEO/REF	UTM	491211 9831967	491393 9831924	491555 9831798	491609 9831589	491804 9831517	491617 9831305	491863 9831876	491634 983209 8	492126 983161 8	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro (μS/cm); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Após a análise de amostras de água dos 9 poços, obteve-se índices de pH para as águas subterrâneas da área 1, valores que variaram de 4,11 a 5,37 conforme exposto no gráfico 1, indicando que todos os poços desta área estão fora dos padrões de potabilidade da água para consumo humano, classificando-as como ácidas, podendo ser um indicador de contaminação. Nenhuma das amostras atingiu o mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 e FUNASA (2014), que é de 6 para águas de classe 2.

Tais alterações podem ser provenientes de vários fatores, tais como: proximidades de alguns destes poços com o manguezal, forma de construção irregular – sem revestimento de proteção para alguns, efluentes domésticos descartados de forma irregular, além do que, a maioria dos poços estão instalados na porção mais baixa desta área que tem certa declividade, ou seja, todo material carregado da porção mais alta é depositado na parte mais baixa.

Conforme o exposto na tabela 1, os valores de condutividade elétrica obtidos na área 1, variam de 16 a 1.012 $\mu S/cm$, ou seja, com exceção do poço 9 que foi o único que demonstrou valor abaixo de 100 $\mu S/cm$, estando dentro dos padrões estabelecidos pela FUNASA (2014) para água natural, todos os outros poços apresentam valores fora dos limites estabelecidos, indicando possível contaminação, com elevada concentração de sais dissolvidos.

As razões para essas alterações são semelhantes às do gráfico 1, com um dado importante: no poço 8 que apresenta valor mais expressivo, há um fenômeno em particular que contribui para esse cenário, a intrusão salina, segundo a proprietária, em períodos de marés alta, há o contato direto da água do mar com o poço, que não tem proteção, estando ao nível do solo e próximo da área de mangue.

Embora alguns valores de TDS possam estar alterados, com ênfase ao poço 8, que é um caso especial, por razões já explicadas anteriormente, todos os 9 poços estão dentro dos padrões de potabilidade da água para consumo humano, estando abaixo do limite estabelecido.

Destaca-se o nível de salinidade registrado no poço 8, está associado as características particulares desta área, já mencionadas anteriormente (intrusão salina). O poço não é revestido de cimento e a sua água apresenta coloração amarelada, e, segundo a proprietária, é utilizada para o consumo, principalmente no período chuvoso, já no período de estiagem, só quando é feita a limpeza do mesmo. É usada ainda para outros fins como: lavagem de utensílios de pesca, regar plantas e higiene corporal.

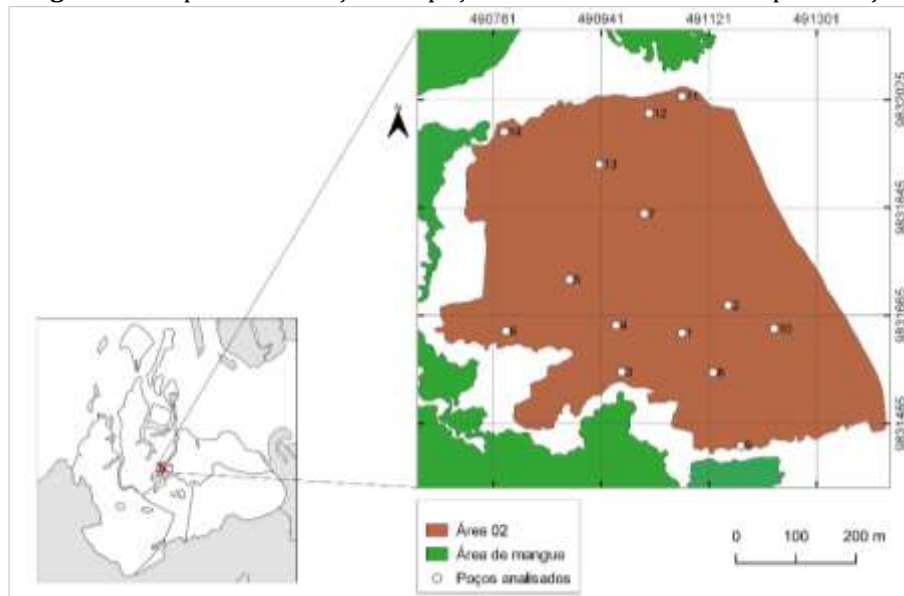
Qualidade física da água subterrânea na Área 2

A área 2 corresponde a porção oeste do bairro Tabatinga, onde foram coletadas amostras da água subterrânea de 14 poços, sendo 1 tubular e 13 cacimbas. O lugar é bem povoado e urbanizado, com algumas ruas pavimentadas e outras sem pavimentação (sendo de lateritas ou areia), as edificações em sua maioria são de alvenaria, pontos comerciais e equipamentos urbanos (posto de saúde). Esta área estabelece contato direto nas porções norte, noroeste, oeste, sudoeste e sul com áreas de mangue. (Figura 4).

As amostras para análise física da água na área 2, foram coletadas em poços particulares de residências localizadas nas ruas: do Sol; Aeroporto; do Aterro; Pedro

Neiva de Santana; da Liberdade; da Matinha; Travessas do Porto e Bom Milagre, com a devida permissão dos proprietários. Após a análise física das 14 amostras, obteve-se os seguintes resultados expressos a seguir. (Tabelas 02 e 03):

Figura 4 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 2 - Apicum-Açu



Fonte: IBGE / Google Earth, Organização: Souza, J.F.M. (2020)

Tabela 02 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 2

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	CONAMA/FUNASA
pH	-	4,84	4,86	4,47	6,04	6,24	6,83	4,40	6,0 a 9,0
EC	μS/cm	323	130	0	372	372	93	236	10 - 100
TDS	mg/L	207	0	0	242	241	60	154	≤1000
TURB	UNT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≤100
SALIN	‰	0,10	0,04	0,09	0,12	0,12	0,03	0,08	≤ 0,5‰
GEO/REF	UTM	0491076 9831636	0491153 9831682	0490975 9831571	490966 9831649	0490888 9831725	0490782 9831639	0491013 9831835	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro (μS/cm); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

Tabela 03 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 2

PARÂM.	UND	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	CONAMA/FUNASA
pH	-	4,47	4,80	4,28	7,26	7,57	7,42	7,54	6,0 a 9,0
EC	μS/cm	350	400	248	282	274	319	61	10 - 100
TDS	mg/L	228	260	161	183	178	209	39	≤1000
TURB	UNT	12,60	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≤ 100
SALIN	‰	0,11	0,13	0,08	0,09	0,09	0,10	0,02	≤ 5‰
GEO/REF	UTM	0491128 9831570	0491174 9831448	0491230 9831643	0491076 9832030	0491021 9832002	0490938 9831917	0490779 9831971	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro (μS/cm); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

Das 14 amostras de água analisadas da área 2 os índices obtidos para o pH variam de 4,28 a 7,57 indicando segundo a Resolução CANAMA 357/2005 que a metade dos poços analisados apresenta água levemente ácida a alcalina e a outra metade possuem água ácida, pois apresentam valores abaixo de 6.

As águas com índices entre 6 e 7 atendem as exigências de potabilidade estabelecidos pela Resolução, com pH favorável a água propícia ao consumo. Já as águas com valores um pouco acima de 4, estão fora dos padrões de potabilidade, podendo ser um indício de alteração em suas propriedades e possível contaminação, não sendo indicadas ao consumo.

Embora boa parte desses poços esteja próximos de áreas de mangue, o diferencial em seus resultados está relacionado aos cuidados de conservação, construção e a localização em que foram instalados, pois os poços de melhores pH, mesmo próximo dessas áreas estão a um nível mais elevado em relação ao nível do mar do que os poços com pH baixo.

Os resultados obtidos para a condutividade elétrica na área 2 variaram de 0 a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, embora nas legislações não há um consenso para os valores permitidos, mas, levando em consideração as orientações da FUNASA (2014, p. 20), a maioria dos poços apresentaram índices acima dos indicados para água naturais, sendo de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os poços que apresentaram valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estariam com um certo teor de poluição, possivelmente provenientes de efluentes domésticos e resíduos de atividades antrópicas observados no local.

Embora a maioria dos poços tenham apresentado valores acima dos indicados para água naturais, é preciso ressaltar algumas condições que podem ter influenciados nessas alterações, a salinidade muito presente nesta área, a formação geológica, o período de estiagem, que diminui a diluição dos sais, além da temperatura da água, que nesta pesquisa não foi levado em consideração.

Os poços analisados nesta área apresentaram teores de TDS, atribuindo-se ao ambiente onde estão inseridos, próximos ao manguezal e a forma de construção desses poços, sem a devida proteção a elementos orgânicos e a processos erosivos, além da adição de resíduos por atividades antrópicas, exceto o poço tubular, que em tese estaria mais protegido. No entanto, todos os poços estão dentro dos padrões indicados para o consumo humano, variando de 0 a 260mg/L, bem abaixo do limite máximo permitido que é de 1.000 mg/L.

Segundo as análises, apenas dois poços apresentaram um pequeno índice de turbidez, o 8 com – (12,6 UNT) e 9 – (12 UNT). Neste caso justificado por duas circunstâncias, em um dos poços o nível de água (N.A.) encontrava-se bem baixo, a ponto de olhar o fundo do poço, logo, movimentos na água proporcionam suspensão de partículas, ocasionando teores de turbidez, embora aparentemente a água se apresentasse transparente.

No outro poço havia presença de raízes de palmáceas, ocasionando a impressão de uma coloração escura na água no fundo do poço, deduzindo-se que com o movimento para a retirada de água, partículas dispersam-se na água a partir das raízes, aumentando a turbidez, embora também estivesse incolor.

Há ainda a proximidade de ambos os poços com o manguezal e a forma de construção

(boca superior ao nível do solo), não garantindo uma certa proteção aos elementos provenientes do ambiente, além, é claro, das características arenosas do solo. Os demais poços indicaram valores abaixo de 0. No entanto, todos estão dentro dos parâmetros de potabilidade estabelecidos para água de classe 2 de até 100 UNT.

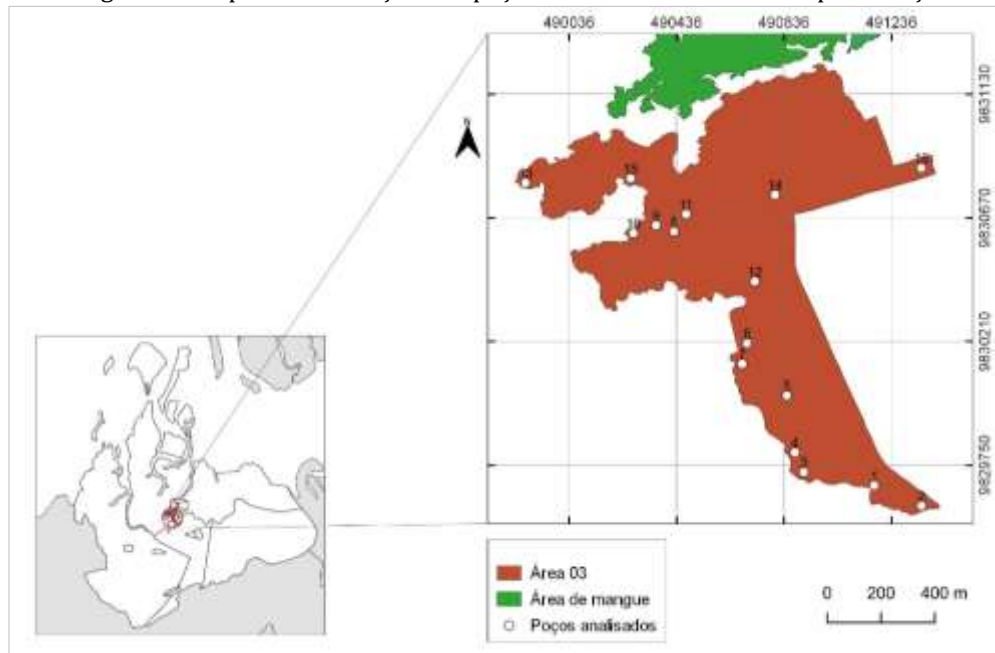
Os percentuais de salinidade obtidos com a análise dos 14 poços, variaram de 0,02% a 0,13%, possibilitando determinar que a água subterrânea desta área é de característica doce com maior incidência no poço 8, estando este muito próximo da área de mangue, é do tipo cacimba sem revestimento, e seu limite superior é ao nível do solo.

Mesmo havendo proximidade com os manguezais e estarem situados em um ambiente com influência marinha, essas características não atribuíram valores significativos de sais na água. Atribuindo a estes poços percentuais de salinidade aceitáveis, dentro dos padrões de potabilidade preconizados pela Resolução 357/2005, apesar das características particulares do ambiente em que estão inseridos.

Qualidade física da água subterrânea na Área 3

A área 3 refere-se aos bairros: Centro (porção oeste), Mangueirão, Campelos, e Novo Apicum, sendo coletados nestes locais as amostras de água de 16 poços, 12 do tipo tubular e 4 cacimbas (Figura 5). Os locais são bem povoados e urbanizados, no Centro todas as ruas são pavimentadas, nos outros bairros só algumas têm pavimentação, com exceção do bairro Campelos em que as vias públicas são de lateritas (piçarra) ou areia.

Figura 5 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 3 - Apicum-Açu



Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

As construções são praticamente todas de alvenaria, há grande fluxo comercial (lojas, comércios, farmácia, frutaria...), equipamentos urbanos (escolas, hospital, posto de

saúde, delegacia, rádio...). Com exceção do Centro, em que a cobertura vegetal é bem reduzida em função da urbanização, nos outros bairros ainda há uma razoável arborização, havendo presença de rios ou lagos, como no Mangueirão e Novo Apicum.

O contato com o manguezal em condições de maior proximidade se estabelece pelas porções norte e noroeste dos bairros Centro, Mangueirão e Campelos. Assim como nas outras 3 áreas o solo predominante é o Latossolo, com ocorrência do Gleissolo e Neossolo em alguns locais específicos. Após proceder as análises das 16 amostras das águas coletas, obteve-se para cada padrão os seguintes resultados demonstrados nas tabelas 04 e 05.

Tabela 04 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 3

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	CONAMA / FUNASA
pH	-	6,21	6,21	6,07	5,87	5,43	4,81	4,55	4,89	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	33	55	97	51	112	153	131	507	10 - 100
TDS	mg/L	21	35	63	33	73	99	85	330	≤ 1000
TURB	UNT	0	0	103	0	0	0	0	0	≤ 100
SALIN	‰	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,21	$\leq 5\text{‰}$
GEO/REF	UTM	491171 9829675	491347 9829600	490909 9829725	490876 9829798	490845 9830010	490698 9830204	490680 9830127	490427 9830620	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Tabela 05 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 3

PARÂM.	UND	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	CONAMA / FUNASA
pH	-	4,63	5,14	4,43	4,86	4,24	4,85	5,04	5,23	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	198	147	86	42	57	147	70	484	10 - 100
TDS	mg/L	128	95	56	27	37	96	45	317	≤ 1000
TURB	UNT	0	0	0	0	0	0	0	0	≤ 100
SALIN	‰	0,06	0,05	0,03	0,01	0,02	0,05	0,02	0,16	$\leq 5\text{‰}$
GEO/REF	UMT	490359 9830643	490275 9830613	490471 9830684	490727 9830434	489873 9830801	490802 9830756	490265 9830817	491347 9830856	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Em relação ao pH os resultados das análises indicam valores que variaram de 4,24 a 6,21 demonstrando que apenas 3 destes poços estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos e a maioria possui uma água classificada como ácida, pois estão a baixo do mínimo indicado para o consumo humano que é de 6.

Os poços que apresentam melhores pH estão localizados próximos de corpos hídricos e de área de baixio, em um local ainda razoavelmente arborizado, são do tipo tubular. Já o que indicou menor pH é do tipo cacimba, situado em um ambiente arenoso, características estas que possivelmente contribuem para uma água de melhor ou pior a qualidade.

Das 16 amostras analisadas, metade está dentro do limite de condutividade estabelecido pelo relatório da FUNASA (2014) para águas naturais, que é de $100\mu\text{S}/\text{cm}$, classificando-as como propícias ao consumo humano. No entanto, 8 poços apresentam índices acima do permitido, indicando possíveis contaminação da água e concentração de sais, provenientes de efluentes domésticos, já que estão em uma área residencial, com grande urbanização.

Destacam-se os poços 8 e 16 com maiores alterações para EC, associando-se a alguns fatores relevantes para tal resultado, além dos já mencionado no parágrafo anterior, estes localizam-se em uma área com pouca vegetação e solo desnudo, propiciados a deposição de partículas transportadas pelos ventos, além do problema do descarte irregular dos resíduos sólidos, que com as chuvas podem ser carregados para os locais mais baixos onde estes estão instalados.

De acordo com o gráfico 11, mesmo havendo alterações com maiores índices de TDS nos poços 8 e 16, todos estão bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução 357/2005, que é de $1000\text{ mg}/\text{L}$, indicando que embora haja sólidos dissolvidos na água, não são valores tão expressivos, que possam alterar sua qualidade ou estrutura física, com relação a este parâmetro em análise. Uma característica que possivelmente contribui, é o fato da maioria destes poços serem do tipo tubular, supondo-se que estaria mais protegido a circunstâncias exógenas.

Com relação as amostras 8 e 16 que indicaram maiores valores, associam-se às características do ambiente onde estão inseridos, como já mencionados anteriormente, adicionado o fato que o poço 16 está próximo a um rio temporário em processo de assoreamento, poluído pelo descarte de efluentes domésticos, que em períodos chuvosos aumenta seu volume de água, inundando áreas próximas.

Em relação a turbidez quase todas as amostras indicaram valores negativos, considerando-os como 0, pois apresentaram valores irrelevantes à pesquisa, com exceção do poço 3 que apresentou valor de 103UNT, estando um pouco acima do índice de potabilidade estabelecido pela Resolução CONAMA 357, resultado este associado às suas características próprias e do local onde está instalado.

O poço é do tipo cacimba, que mesmo revestido com tijolo, o próprio material em contato com água pode liberar partículas, além do mais, não há proteção na parte superior, estando sujeito a fragmentos transportados pelo vento. Está inserido em uma área arenosa, com pouca vegetação e próximo a via pública sem revestimento, características estas que podem contribuir para a turbidez.

Todos os poços da área 3 indicaram percentuais aceitáveis de salinidade para águas propícia ao consumo humano, como mostra o gráfico 12, havendo variações de 0,01‰ a 0,21‰, possibilitando classifica-las como água doce, pois nenhuma amostra ultrapassou o valor máximo permitido pela Resolução 357/05, que é de 0,5‰. Os maiores índices registram-se nos poços 8 e 16, sendo estes os que em todos os parâmetros apresentaram alterações, sem dúvida as condições destes, já mencionadas anterior, contribuem para o grau de salinidade registrado.

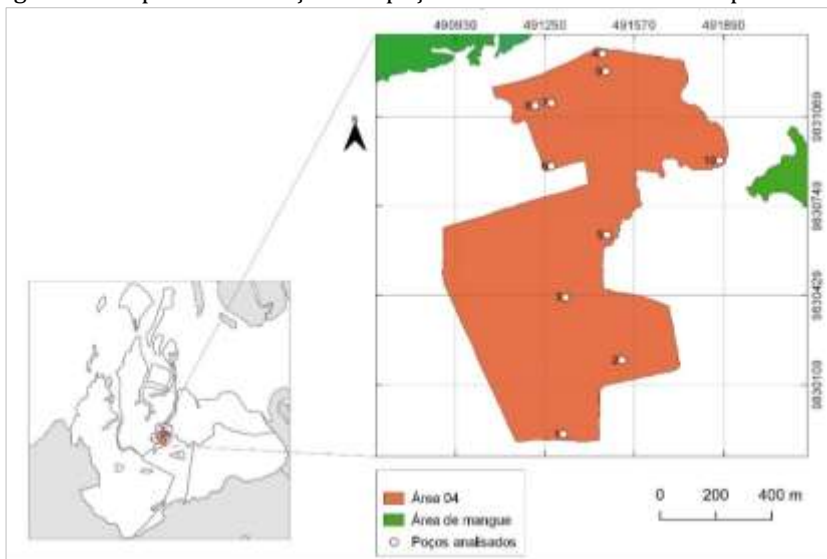
Uma das razões para os poços desta área não apresentarem grandes alterações de salinidade, mesmo em um município com influências marinhas, onde alguns bairros estabelecem contato com o manguezal, é a localização destes, pois estão instalados em um ambiente distante dessas áreas, logo, mesmo havendo a contribuição desses

elementos, não alteram os níveis de sais presentes.

Qualidade física da água subterrânea na Área 4

A área 4 relaciona-se ao bairro Nambu e a uma pequena faixa da porção leste do Novo Apicum, além das localidades denominadas popularmente como bairro Portelinha e Santo Antônio, embora a Legislação Municipal ainda os considere parte integrante do Nambu, onde estão inseridos. Nestes locais foram coletadas amostras de água de 10 poços, 7 do tipo cacimba e 3 tubulares. (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 4 - Apicum-Açu



Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

O Nambu é o bairro mais recentemente habitado, desenvolvendo-se habitacionalmente nos últimos anos, muito em função da população praiana que migraram para a sede do município, ocupando áreas até então desabitadas neste local, assim como também do Morro, localizado no bairro Tabatinga.

As características desta área são construções em sua maioria de alvenaria, pequenos comércios, algumas ruas com pavimentação asfáltica e equipamentos urbanos (escola), o contato com a região de mangue se faz pelas porções leste e noroeste, no entanto um pouco distante da área habitada. Após as análises da água dos poços da área obteve-se os resultados expressos a seguir. (Tabelas 06 e 07).

Tabela 06 - Resultados das Análises físicas da água subterrânea da Área 4

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA/ FUNASA
pH	-	4,23	7,46	7,60	7,66	7,77	6,0 a 9,0
EC	μS/cm	89	34	133	120	224	10 - 100
TDS	mg/L	57	22	86	78	145	≤1000
TURB	UNT	134	247	0	0	0	≤100
SALIN	‰	0,03	0,01	0,04	0,04	0,07	≤ 0,5‰
GEO/REF.	UTM	0491316 9829932	0491526 9830197	0491324 9830423	0491456 9831294	0491472 9830646	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro (μS/cm); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019.

Tabela 07 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 4

PARÂM.	UND	P6	P7	P8	P9	P10	CONAMA/FUNASA
pH	-	7,69	7,72	7,81	7,88	7,92	6,0 a 9,0
EC	$\mu S/cm$	172	192	39	33	254	10 - 100
TDS	mg/L	112	124	22	21	165	≤ 1000
TURB	UNT	0	135	197	0	0	≤ 100
SALIN	‰	0,06	0,06	0,01	0,01	0,08	$\leq 0,5‰$
GEO/REF.	UTM	0491273 9830892	0491273 9831118	0491215 9831108	0491468 9831231	0491875 9830912	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu S/cm$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019.

Das 10 amostras de água analisadas, 9 encontram-se dentro dos parâmetros legais do pH, classificando-as como neutras a levemente alcalinas, pois apresentaram valores um pouco acima de 7. Resultados estes, que possivelmente estão relacionados com o tipo solo predominando nesta área, sendo muito mais argiloso do que arenoso, favorecendo uma melhor filtragem das impurezas provenientes do ambiente, ao contrário das outras áreas pesquisadas, havendo ainda presença de vegetação e proximidade de corpos hídricos.

Apenas o poço 1 apresentou valor inferior para o pH, indicando que a água deste é ácida, possivelmente pelo local onde está instalado, área desmatada e próximo a um lago poluído pela deposição de resíduos sólidos pela população local, que nos períodos chuvosos, tende a aumentar seu nível de água, inundando áreas próximas, além do que, as enxurradas carregam materiais descartados em locais indevidos, como os efluentes domésticos, e depositam em áreas mais baixa, onde geralmente são instalados os poços.

Os poços que possuem água com pH mais elevado são do tipo cacimba, alguns revestidos por cimento, instalados em áreas arborizadas, como por exemplo o que indicou 7,92 localizado em meio a vegetação, próximo a um rio preservado, sem tanta interferência antrópica, estando inserido em um solo possivelmente do tipo gleissolo, características estas que contribuem para os resultados positivos em relação ao pH destas amostras.

Com relação a condutividade elétrica apenas 4 poços apresentaram valores inferiores a $100 \mu S/cm$, típicos de águas naturais propicia ao consumo humano, os 6 poços restantes indicaram valores um pouco acima deste índice, sugerindo que possivelmente pode haver pequeno grau de contaminação, ou concentração de sais um pouco fora da normalidade.

Os maiores índices de EC registrados nos poços 5, 7 e 10 estão associados às características destes e aos locais onde estão inseridos, sendo 1 tubular localizado próximo a um rio que vem sendo assoreado, havendo deposição de resíduos sólidos e 2 cacimbas que embora revestidos com tijolo, não há proteção na parte superior, estando sujeitos às partículas transportadas pelo vento, contribuindo para concentração de sais na água e uma razoável alteração da condutividade.

Os valores indicados para TDS nas amostras da água dos 10 poços, não se apresentaram tão alterados, como observa-se no gráfico 15, estando bem abaixo do limite indicado pelos órgãos de regulamentação de água, indicando que embora haja

constituintes sólidos dissolvidos, estas alterações não são tão expressivas, a ponta de modificar as características físicas e comprometer a qualidade da água referindo-se a este parâmetro.

As maiores alterações de TDS foram registrados nos mesmos poços que indicaram índices mais elevados no padrão anterior, havendo uma correlação entre ambos, pois referem-se aos sais e sólidos dissolvidos na água, logo, tais resultados, mesmo estando dentro da normalidade, relaciona-se às características e situações destes poços – proximidade de um rio degradado e sujeito a deposição de partículas transportadas pelo vento, por não ter proteção na parte superior.

Os índices para Turbidez apresentaram anormalidade em apenas 4 poços das 10 amostras analisadas, sendo a 1 (134UNT), 2 (247UNT), 7 (135UNT) e 8 (197UNT) todos com valores um pouco acima do indicado pela resolução 357/2005. Os demais demonstraram valores negativos, considerando-os como 0, embora alguns destes apresentem características semelhantes, logo considera-se então que os sólidos em suspensão na maioria dos poços são de níveis muito baixos.

Os 4 poços que demonstraram valores acima do indicado para turbidez, têm características semelhantes, são do tipo cacimba, sem proteção na parte superior – sujeitos a deposição de partículas transportadas pelo vento, instalados próximos a ruas de areia ou lateritas, e mesmo os que são revestidos com cimento, liberam partículas a partir do contato com a água.

Os percentuais de salinidade resultantes das 10 análises, são bem baixos para todos os poços, nenhum destes se aproximou do limite máximo permitido para águas propícias ao consumo humano que é de 0,5‰ possibilitando classificar todos desta área como água doce, indicada ao consumo. Segundo os moradores 9 destes poços são usados para este fim, além de outras atividades.

Uma das razões para os percentuais de salinidade destes poços terem indicados valores bem baixos dos registrados nas outras áreas, é a maior distância destes para as regiões de mangue. Mesmo havendo alguma influência marinha, pelas características locais, os teores de salinidade são baixos, não alterando a qualidade da água em relação a este parâmetro por esta peculiaridade do ambiente.

Fatores antrópicos atuantes na qualidade das águas subterrâneas

De modo geral, em todas as áreas pesquisadas, um dos grandes fatores que está contribuindo para certas alterações nas propriedades físicas da água subterrânea da sede do município é a degradação ambiental relacionada ao desmatamento, muito intensificado pelo processo de urbanização, percebendo-se que as áreas mais desmatadas, geralmente são as que apresentaram maiores alterações na qualidade da água subterrânea.

Outro fator de grande impacto na qualidade dessas águas é a questão dos resíduos sólidos e dos líquidos, descartados de forma irregular, – nas ruas, nos corpos hídricos, próximo aos poços, nas áreas de manguezal, embora haja o serviço de coleta ofertada pelo poder público, que não atende a todos os bairros na mesma proporção. Com o período chuvoso, esses resíduos sólidos, são carreados para áreas mais baixas, e até mesmo para dentro dos poços, no caso dos poços do tipo cacimba, sem proteção acima do nível do solo, estando mais suscetíveis a poluição.

Percebeu-se ainda que não há um controle do Poder Público na perfuração dos poços, com a devida concessão de outorga, como prevê a legislação, ficando a critério da população diante de suas demandas por água, instalar seus poços, em qualquer local e da forma que lhe for conveniente, não levando em consideração as peculiaridades do ambiente em que está inserido. Isto ficou muito evidente, pela localização de alguns poços, por estarem próximo ou dentro da planície costeira.

Em todo caso, esses poços são instalados no ambiente em que se tem maior facilidade de obter água, no entanto, por falta de orientação dos órgãos responsáveis, e até mesmo do conhecimento dos proprietários destes, pode-se estar consumindo uma água fora dos padrões estabelecidos, o que certamente a curto ou a longo prazo, trarão certos problemas de saúde relacionados a água, como é o caso do poço 8 da área 1, que possivelmente seus usuários têm ou terão problemas renais, gástricos ou hipertensão, muito em função da água salobra que estão consumindo.

São muitos os problemas identificados em campo que estão contribuindo para as alterações de potabilidade da água subterrânea no município, desde deposição de resíduos sólidos em qualquer local – próximo de fonte de água, até a falta de informação e orientação de como e onde esses poços podem ser perfurados. Não há nenhum controle, ficando a critério da população em função de suas necessidades.

Se faz necessário uma maior responsabilidade do poder público para pôr em prática o que estabelecem as leis municipais acerca da preservação e oferta de água potável à população, pois embora tratando-se de um município litorâneo, em que a influência marinha é constante, não são os fatores naturais os maiores contribuintes para certas alterações de potabilidade, mas sim, as condições e situações dos poços.

Para tanto, é necessário que o poder público realize análises periódicas dos poços artesianos que fazem a distribuição de água – como prevê a lei municipal, e divulgue os resultados para que todos possam tomar conhecimentos das condições de potabilidade da água que estão consumindo e se adote as devidas providências que se fizerem necessárias para uma água mais saudável e propícia ao consumo.

Se de fato essas análises periódicas acontecessem como está previsto na Legislação Municipal seria possível determinar as reais condições físicas, químicas e bacteriológicas de todos os poços analisados, já que a maioria estão próximos de estações de distribuições pública de água, e muitos problemas de saúde relacionado ao consumo de água poderiam ser evitados.

No entanto, não há nenhum controle de potabilidade nem por parte do Poder Público – mesmo havendo as leis que assegurem esse direito à população, nem dos proprietários de poços – em muitos casos por falta de condições e informações de que tais cuidados são essenciais para uma água de qualidade, que atenda aos padrões de potabilidade.

Fazendo uma análise geral de todos os resultados obtidos nas quatro áreas pesquisadas, tem-se como melhores indicadores de potabilidade as águas da área 4 – bairro Nambu, por algumas razões peculiares do local, cobertura vegetal ainda razoavelmente presente e a predominância de um solo mais argiloso, sendo mais eficaz na filtração, retendo as impurezas e protegendo os lençóis freáticos.

Já os piores indicadores de potabilidade são dos poços da área 1 – bairro Tabatinga,

o qual obteve-se resultados abaixo ou acima dos indicados pelos órgãos reguladores, por ser uma área mais seca, pouco arborizada e predominância de um solo mais arenoso, sendo menos eficaz na filtração, permitindo que substâncias exógenas cheguem aos lençóis freáticos com mais facilidade.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a análise física da água subterrânea da área urbana do município de Apicum-Açu - MA foram de grande importância, tanto no que se refere ao aprendizado adquirido, quanto na obtenção de dados sobre as reais condições físicas da água que está sendo utilizada pela população, possibilitando identificar em quais áreas tem-se uma melhor condição de potabilidade e quais fatores ambientais ou estruturais estão contribuindo para isto.

Diante dos resultados apurados conclui-se que a água subterrânea da sede do município é do tipo doce em todos os bairros, mesmo havendo registros de alterações de salinidade nas áreas mais próximas da região de mangue, mas nada tão relevante como se pressupunha, por se tratar de um ambiente com influência marinha.

Exceto em um dos poços da área 1, classificado como água levemente salobra, pelo nível de salinidade está praticamente acima do permitido, por estar instalado muito próximo do mangue, em uma planície costeira, estando suscetível a poluições do ambiente, bem como, entrada da água do mar no poço, muito frequente nas marés altas. Além do problema de intrusão salina, que certamente está ocorrendo neste local, pois a água apresenta-se salobra mesmo nos períodos em que a maré não chega até o poço.

Em relação ao pH é possível determinar que a água subterrânea é levemente ácida a básica, com ressalvas para alguns poços que indicaram valores de 4 a 5, exigindo um pouco mais atenção e cuidados, pois ingerir água com um certo grau de acidez a longo prazo pode gerar problemas de saúde. Destaca-se também os poços com melhores resultados de pH, em função da pedologia mais argilosa, sugerindo-se cuidados para que outros fatores não minimizem essa qualidade.

Com os índices obtidos para cada parâmetro: pH, EC, TDS, Turbidez e Salinidade, estando estes diretamente associados ao ambiente em que se encontram esses poços, a forma como são construídos e conservados, considera-se que a água da maioria dos poços está relativamente própria ao consumo humano, em relação apenas aos aspectos físicos, visto que as maiores alterações são pontuais para algumas áreas.

No entanto é preciso ressaltar que não se fez análise química, nem bacteriológica da água, embora há parâmetros na pesquisa que são químicos como o pH. Logo, não é possível assegurar com total clareza que a água dos poços esteja livre de microrganismos patológicos ou contaminações químicas. Mas os resultados físicos já são um indício de potabilidade da maioria desses poços.

Diante dos resultados, aponta-se como sugestão para melhorar as condições de potabilidade da água subterrânea do município um maior controle e cuidado, seja do poder público ou dos moradores, na perfuração e conservação dos poços, levando em considerações a proximidade com o ambiente marinho, a localização em relação as forças sépticas ou negra – que podem ocasionar contaminação da água, se estiverem no mesmo fluxo dos lençóis freáticos.

Recomenda-se a construção de poços cacimbas com revestimento e proteção acima do nível do solo de pelo menos 1 metro, prevenindo acidentes e certas contaminações, provenientes tanto de eventos naturais como de atividades antrópicas. Além da manutenção e limpeza periódicas dos poços tubulares e cacimbas, diminuindo assim a concentração de sujeira nas encostas e o acúmulo de sais e sólidos em suspensão.

Sugere-se ainda que a população exija do poder público a execução do que estabelece as leis ambientais e de potabilidade da água. No entanto, se faz necessário a responsabilidade consigo, com o próximo e com o meio ambiente, pois, se de fato o poder público deixa muito a desejar, não ofertando o que prever as leis, a população também tão pouco faz sua parte, descarta os resíduos sólidos de qualquer forma e em qualquer local, perfura os poços sem os devidos cuidados e proteção, desmatas e queima, sem se dar conta que tudo isso está interferindo diretamente na qualidade da água que está consumido.

É necessário para se ter uma água de qualidade que obedeça aos padrões de potabilidade, uma ação conjunta, meio ambiente com suas peculiaridades, Poder Público exercendo e aplicando as legislações de forma autêntica e responsável e uma população sensibilizada e comprometida com a natureza, pois ela oferta aquilo que lhe é ofertada.

Por fim, espera-se que este trabalho possa produzir ainda mais conhecimentos e sensibilize a população para um melhor cuidado com os lençóis freáticos, suscitando mais atenção e preocupação com as águas subterrâneas, para uma maior preservação e melhores condições de saúde para a população apicum-açuense, atual e futura.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Água no mundo**: Situação da água no mundo. ANA. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acessado em: 23 mar. 2020.

APICUM-AÇU. Lei Municipal nº Lei 268, de 02 de outubro de 2017. **Dispõe sobre o Zoneamento de uso e a ocupação no Município**. Apicum-Açu, 2017.

_____. Lei Municipal nº 269, de 11 de outubro de 2017. **Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos, estabelece normas e diretrizes para Gestão Integrada dos resíduos sólidos urbanos**. Apicum-Açu, 2017.

_____. Lei Municipal 271, de 02 de outubro de 2017. **Define os perímetros das Zonas Urbanas, Rurais e Costeiras do Município**. Apicum-Açu, 2017.

_____. Lei Complementar Municipal nº 191, de 05 de abril de 2013. **Dispõe sobre a instituição do Plano Diretor do Município**. Apicum-Açu, 2013.

_____. Decreto Municipal 047, de 02 de abril de 2019. **Dispõe sobre a criação do Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Município**. Apicum-Açu, 2019.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Apicum-Açu, MA**.

Caracterização do território. Disponível em:

http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/apicum-acu_ma. Acessado em: 23 mar. 2020.

BANDEIRA, Ires Celeste Nascimento. **Geodiversidade do estado do Maranhão**:

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Teresina: 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Fundação Nacional de Saúde: FUNASA. Brasília, DF, 2014.

_____. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: CONAMA. Brasília, DF, 2005.

_____. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: CONAMA. Brasília, DF, 2008.

CIDADE-BRASIL. **Município de Apicum-Açu**. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-apicum-acu.html#>. Acessado em: 23 mar. 2020.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Apicum-Açu**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul>Brasil>Maranhão>ApicumAçu>. Acessado em: 20 mar. 2020.

CORREIA FILHO, Francisco Lages. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Apicum-Açu. CPRM: Serviço Geológico do Brasil. Teresina, 2011. 31p.

FERNANDES, Ângela Maria Ferreira. **Diagnóstico da água subterrânea em propriedade rural no município de Planalto, RS**. Universidade Regional do Estado. Ijuí, Rio Grande do Sul, 2011.

GOOGLE MAPS. **Apicum-Açu**, Maranhão. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Apicum-Acu>. Acessado em: 23 mar. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Brasil / Maranhão / Apicum-Açu. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/apicum-acu/panorama>. Acessado em: 25 mar. 2020.

_____. **População estimada 2020**. Brasil / Maranhão / Apicum-Açu. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/apicum-acu/panorama>. Acessado em: 12 set. 2020.

_____. **Geociências**: Estatísticas, downloads. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acessado em: 29 mar. 2020.

MIDÕES, Carla; FERNANDES, Judite; COSTA, Cristina Gomes da. **Água subterrânea: conhecer para proteger e preservar**. Instituto Geológico e Mineiro. IGM. 2001.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas. Paraná, 2011.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Embrapa. 5 ed., rev. e ampl. Brasília, DF, 2018.

SILVA, Aldeni Barbosa da. *et al.* **Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remigio - PB.** Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS. Paraíba, 2017.

SOUZA, Juliana Rosa de. *et al.* **A Importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos:** Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. Revista Eletrônica do Prodepa, v.8, n.1. Fortaleza, 2014.

VAZ, Benenilde Lopes. *et al.* **Influências urbanas nas variações térmicas em Apicum-Açu.** Apicum-Açu, 2017.

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICO DO MUNICÍPIO DE PENTECOSTE, CEARÁ

Nágila Fernanda Furtado Teixeira
Edson Vicente da Silva
Pedro Edson Face Moura

INTRODUÇÃO

O clima é determinado predominantemente pela circulação geral da atmosfera, resultante do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes, bem como das características topográficas sobre os continentes (FERREIRA; MELLO, 2005). O clima do Nordeste do Brasil (NEB) é resultado da atuação de diversos mecanismos físicos e dos sistemas atmosféricos atuantes nessa região que interagem e são responsáveis pela distribuição das chuvas (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

Os principais sistemas atmosféricos e mecanismos que governam o regime das chuvas no NEB são: i) Zona Convergência Intertropical (ZCIT); ii) El Niño-Oscilação Sul (ENOS); iii) Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); iv) Frentes Frias; v) Linhas de Instabilidade (LIs); vi) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs); vii) Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e viii) brisas marítima e terrestre (FERREIRA; MELLO, 2005; KAYANO; ANDREOLI, 2009).

Para Lima (2004), além desses sistemas de circulação de grande escala, deve-se considerar a orientação do litoral e das serras em relação aos ventos alísios, gerando corredores de vento, zonas de barlavento (chuvas orográficas) nas áreas mais úmidas, sotavento (áreas de sombra, com menor índice pluviométrico e menos úmidas) e as baixas altitudes predominantes do relevo com cotas inferiores a 400m, com exceção dos planaltos cristalinos e sedimentares, e que formam condicionantes climáticos espaciais de influência local e regional.

A localização do Ceará, próximo à linha do Equador, permite uma intensa insolação no Estado durante o ano todo, o que caracteriza uma área típica de climas quentes, sendo que a atuação dos sistemas atmosféricos influenciam na sazonalidade e variabilidade da precipitação, além de outros fatores como a altitude, a disposição do relevo e a proximidade ou distância dos oceanos, proporcionam as diferenciações locais dos climas no Estado (LOURENÇO, 2013; ZANELLA, 2007).

O Ceará apresenta cerca de 92% de seu território, ou seja, aproximadamente 136.328 km² sob influência do clima semiárido. Dos 184 municípios que compõem o Ceará, 117 estão totalmente inseridos no domínio de semiaridez, marcado pela irregularidade climática, com período chuvoso curto de cerca de 3 a 5 meses e um período seco prolongado, 7 a 9 meses. Caracterizado também, por altas temperaturas, médias superiores a 26°C, com elevada evaporação hídrica e amplitude térmica diuturna (CEARÁ, 2010; SOUZA, 2000; ZANELLA, 2007).

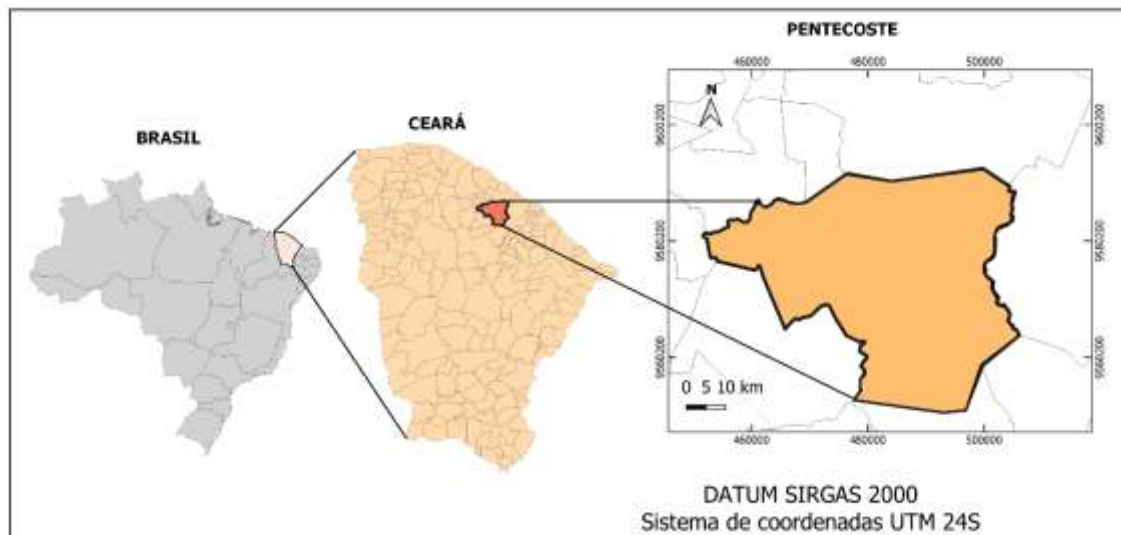
Conhecer as características climáticas e os recursos hídricos dos estados e municípios permite planejar estratégias de racionalização e otimização dos usos dos recursos hídricos, principalmente em áreas semiáridas. De acordo com Pereira, Angelocci e

Sentelhas (2002), a disponibilidade hídrica de uma área pode ser quantificada pelo balanço hídrico que evidencia as variações sazonais dos excedentes e deficiência hídrica por meio das relações entre as entradas e saídas de água, mediadas através de dados de precipitação e temperatura.

Nessa perspectiva, o balanço hídrico climatológico corresponde ao total de ganhos e perdas de água de uma determinada superfície, sendo imprescindível para o estudo dos recursos hídricos de um território. Para Ribeiro, Simeão e Santos (2015) o balanço hídrico objetiva analisar as condições hídrica de uma determinada área, permitindo o estudo da deficiência hídrica com reflexos diretos no planejamento da produção agrícola.

O presente trabalho visou analisar o balanço hídrico climatológico do município de Pentecoste (Figura 1), localizado no setor norte do estado do Ceará, disposto entre as coordenadas $3^{\circ} 47' 34''$ S e $39^{\circ} 36' 13''$ W, distante 88 km da cidade de Fortaleza, compreende uma área de $1.378,3 \text{ km}^2$ que está dividida em quatro distritos municipais administrativos: Pentecoste, Matias, Porfírio Sampaio e Sebastião de Abreu (IPECE, 2016).

Figura 1: Localização do município de Pentecoste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A área de estudo situa-se na área de entorno do Núcleo de Desertificação de Irauçuba/Centro Norte, sendo um município susceptível à desertificação e apresenta, na porção sul, áreas fortemente degradadas em processo de desertificação. O artigo também discute as características climáticas e dos recursos hídricos superficiais presentes na área de estudo. A pesquisa se dividiu em três etapas: organização e inventário, estudos de campo e pesquisa de gabinete.

MATERIAL E MÉTODO

Realizou-se a pesquisa em três etapas: organização e inventário, estudos de campo e pesquisa de gabinete. Na fase de organização e inventário efetivou-se o levantamento dos dados secundários, bibliográficos e cartográficos da área de estudo. Foram realizadas também visitas de campo no município a fim de coletar dados primários da área e registro fotográfico. Na etapa de gabinete ocorreu a interpretação dos dados,

primários e secundários, obtidos em campo relacionando-os com as informações compiladas na revisão bibliográfica, bem como a realização do balanço hídrico climatológico do município.

Os dados de precipitação foram coletados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME a partir do posto pluviométrico instalado em Pentecoste, nas coordenadas latitude 3° 45' 4" S e longitude 39° 15' 39" W, instalada na Fazenda Experimental Vale do Curu. Analisou-se uma série histórica de 30 anos, período de 1991 a 2020, para analisar o balanço hídrico climatológico do município, a partir do programa denominado Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite e Mather (1955), elaborado por Glauco e Sentelhas (1999) onde são colocados os dados referentes às coordenadas do posto pluviométrico, latitude, dados de temperatura e precipitação.

Para a determinação da evapotranspiração potencial (ETP) foi utilizada as considerações de Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002):

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T_n}{i} \right) a \quad \text{Quando: } 0 < T_n < 26,5^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$ETP = -415,85 + 32,24T_n - 0,42T_n^2 \quad \text{Quando: } T_n \geq 26,5^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$I = 12(0,2Ta)^{1,514} \quad (3)$$

Em que T_a é a temperatura média anual normal. O expoente "a" sendo uma função de I, também é um índice térmico regional e é acclulado pela expressão:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10 I^2 + 1,72 \times 10^2 I + 0,49 \quad (4)$$

Para a determinação das temperaturas de Pentecoste, utilizou-se o Programa Celina 1.0 - Estimativa de Temperaturas para o Estado do Ceará, desenvolvido por Costa (2007) através das coordenadas e atitude do posto pluviométrico. Os dados sobre volume dos reservatórios foram retirados do Portal Hidrológico do Ceará da Secretaria de Recursos Hídricos do estado, que divulga as informações sobre os açudes monitorados pela Companhia e Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará-COGERH. Sobre o tema foi analisado o volume de armazenamento de água dos açudes: Pereira de Miranda, Sítios Novos e Caxitoré para a série (2004-2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Balanço hídrico climatológico e características climáticas de Pentecoste

Segundo Moro et al (2015), o estado do Ceará encontra-se sob a influência de um macroclima semiárido, no entanto, os gradientes de chuva, temperatura e umidade variam consideravelmente do litoral para o interior, condicionando a diversidade de paisagens do estado. Esse clima é caracterizado pelas altas temperaturas médias anuais e oposição entre o período seco e úmido com prolongados período de estiagem no inverno e chuvas irregulares e concentradas no verão (AB'SABER, 2003)

Segundo Oliveira (2009) o sertão das regiões semiáridas cearenses apresenta as seguintes características climáticas: índices de nebulosidade baixos, forte insolação, elevadas temperaturas e taxas de evaporação e escassez de chuvas, marcadas anualmente pela irregularidade no tempo e espaço; o que caracteriza fortes interrupções nos cursos hídricos e deficitário balanço hídrico.

A partir da proposta de classificação climática de Köppen, discutidas por Lima (2004) e Maia Júnior e Caracristi (2012) estabelece-se que os tipos climáticos do Ceará são: A (climas quentes) e B (climas áridos), estando estes subdivididos em: Aw' (clima tropical chuvoso, com estação seca se atrasando para o outono - Região Litorânea); Amw' (clima tropical chuvoso de monção, com estação chuvosa se atrasando para o outono - Região das Serras Úmidas); BSw'h' (clima quente e semiárido, com estação chuvosa se atrasando para o outono e temperatura superior a 18 °C no mês mais frio - Região do Sertão).

Nessa perspectiva, o clima de Pentecoste é BSw'h' - quente e semiárido caracterizado por chuvas irregulares, com 7 a 8 meses secos, temperaturas médias altas oscilando entre 26° a 28°C e elevadas taxas de evapotranspiração. Os dados da série histórica (1991-2020) de precipitação do posto pluviométrico do município, demonstram que a média de chuvas para esse período foi de 747mm (Figura 1A). O ano de 2009 se destacou como o mais chuvoso, foram 1460,5 mm com maiores precipitações nos meses de março, abril e maio com 375,6mm, 345,6mm e 224,4mm, respectivamente. O ano de 2012, apresentou menor precipitação com um total de 176mm.

Sobre os anos de precipitações abaixo da média para a série histórica (1991-2020), sobressaem os anos de 1992 com 642mm, 1193 com 212,5mm, 1997 com 421,9mm, 1998 com 417mm, 1999 com 593,9mm, 2001 com 630,4mm, 2005 com 536,5mm, 2007 com 654,5mm, 2010 com 418,2mm, 2012 com 176mm, 2013 com 558,5mm, 2014 com 483,5mm, 2015 com 579mm, 2016 com 508,8mm e 2017 com 728,8mm. Percebe-se que dos 30 anos da série histórica, 15 anos foram com precipitações abaixo da média e 15 com chuvas acima da média (Figura 1A).

Nos últimos três anos da série histórica, a precipitação foi acima da média, 2018 com 1135,9mm, 2019 com 890,7mm e 2020 com 1005,4mm, demonstrando o fim do período de seca e a diminuição da estiagem que atingiu o estado do Ceará de 2010 a 2017. Essa elevação nos valores da precipitação melhora a oferta hídrica e a qualidade de vida dos agricultores que habitam e retiram seu sustento dos recursos naturais do semiárido.

A par dessas questões, realizou-se o balanço hídrico climatológico de Pentecoste, a fim de avaliar mais detalhadamente as condições climáticas do município, pois a partir desta análise pode-se entender o comportamento do regime hídrico da área de estudo. A partir dos dados de precipitação e temperatura foi possível definir a evapotranspiração real (ETR), a evapotranspiração potencial (ETP), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC). A tabela 1 mostra os resultados do balanço hídrico climatológico do município com série histórica de 1991 a 2020 com a capacidade de armazenamento do solo (CAD) de 100 mm.

De acordo com a tabela 1 percebe-se que as maiores precipitações da série histórica se concentram nos meses de fevereiro, março e abril, com respectivamente 122,35mm, 188,57mm e 181,46mm. A evapotranspiração potencial (Tabela 1 e Figura 2D) anual foi de 1865 mm com média mensal de 155 mm e atingiu o seu ápice no mês de dezembro com 180,05mm. A maior temperatura do ano, 28,3°C, ocorreu nos meses de novembro e dezembro e a menor foi de 26,7°C no mês de abril. A

Evapotranspiração real (Tabela 1 e Figura 2D) atingiu o maior nível no mês de março com 145mm.

Tabela 1- Balanço hídrico do município de Pentecoste (1991-2020), considerando a capacidade de armazenamento do solo (CAD) de 100 mm.

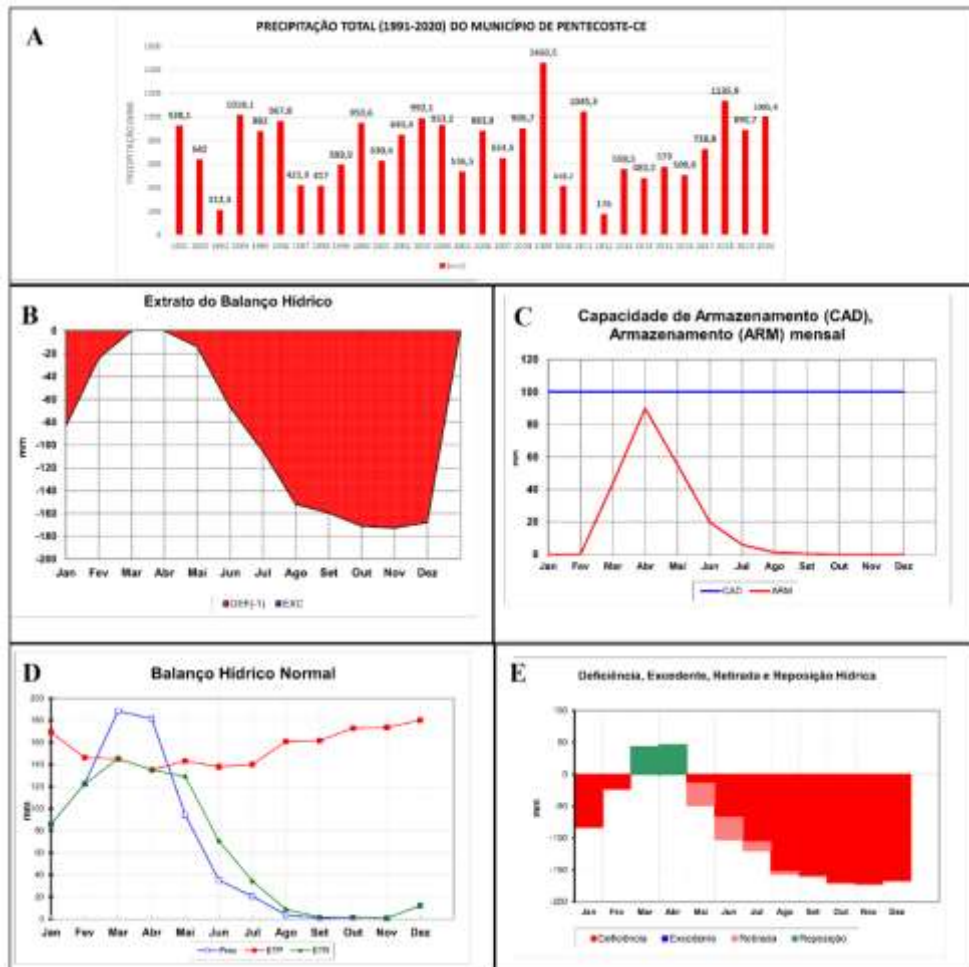
Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Jan	28,1	85,71	169,39	-83,7	0,0	0,0	85,7	0,0	83,7
Fev	27,6	122,35	146,38	-24,0	0,0	0,0	122,4	0,0	24,0
Mar	26,9	188,57	145,04	43,5	43,5	43,5	145,0	0,0	0,0
Abr	26,7	181,46	135,15	46,3	89,8	46,3	135,2	0,0	0,0
Mai	26,9	94,35	143,05	-48,7	55,2	-34,6	129,0	0,0	14,1
Jun	26,9	35,25	137,76	-102,5	19,8	-35,4	70,6	0,0	67,1
Jul	26,8	20,47	140,05	-119,6	6,0	-13,8	34,3	0,0	105,8
Ago	27,7	3,87	160,91	-157,0	1,2	-4,7	8,6	0,0	152,3
Set	27,9	0,72	161,38	-160,7	0,2	-1,0	1,7	0,0	159,7
Out	28,1	1,46	172,93	-171,5	0,0	-0,2	1,7	0,0	171,3
Nov	28,3	0,63	173,46	-172,8	0,0	0,0	0,7	0,0	172,8
Dez	28,3	12,12	180,05	-167,9	0,0	0,0	12,1	0,0	167,9
Total	330,2	747,0	1865,5	-1118,6	-----	0,0	747,0	0,0	1118,6
Média	28	62	155	-----	-----	±90	62	0,0	93

Fonte: THORNTHWAITTE; MATHER, 1955; FUNCEME, 2020.

Legenda: (T)-Temperatura; (P)-Precipitação; (ETP)-Evapotranspiração potencial; (ARM)-Armazenamento de água no solo; (ALT)-Variação do armazenamento; (ETR)- Evapotranspiração real; (EXC)- Excedente hídrico; (DEF)-Deficiência hídrica.

Com relação à deficiência hídrica do município de Pentecoste (Tabela 1 e Figura 2B), destaca-se que 10 meses do ano são de deficiência hídrica, com exceção apenas de março e abril, marcados como de reposição, sendo estes também os meses mais chuvosos. Essa deficiência hídrica severa requer dos agricultores o planejamento para a produção agrícola com a necessidade de irrigação e técnicas de convivência com o semiárido. O período de retirada concentra-se nos meses de maio a agosto (Tabela 1 e Figura 2E).

Figura 2: Precipitação total e balanço hídrico climatológico de Pentecoste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Características dos recursos hídricos superficiais de Pentecoste

Nos sertões do semiárido com predominância de substrato cristalino, há grande ocorrência de rios e riachos com escoamento intermitente sazonal com drenagem exorréica. Zanella (2007) salienta que a irregularidade pluviométrica, o caráter intermitente dos rios e as características litológicas repercutem na disponibilidade dos recursos hídricos no semiárido.

Os rios do NEB, em determinadas épocas do ano, chegam ao mar, característica original dos sistemas hidrográficos e hidrológicos regionais, diferente de outras regiões semiáridas do mundo, em que as drenagens convergem para depressões fechadas, os rios dessa região vão para o oceano Atlântico (NASCIMENTO, 2011).

Os principais cursos hídricos superficiais do município de Pentecoste são os riachos Croatá, Mocó, Cedro, Cachoeira, Volta, Salgado, Mel e Capitão Mór, bem como os rios Curu e Canindé, este último é importante afluente da margem direita da bacia

hidrográfica do rio Curu. Esta bacia compõe o conjunto de 12 bacias do Ceará, juntamente com a do rio Jaguaribe, dividida em Alto, Médio e Baixo, do rio Banabuiú, do rio Acaraú, do rio Coreaú, do rio Salgado, Metropolitana, do Litoral, da Serra de Ibiapaba e do Sertão de Crateús (CEARÁ, 2016).

A bacia do Curu possui área de 8.750,75 Km², equivalente a 6% do território cearense e drena além de Pentecoste mais 14 municípios: Itatira, Canindé, Caridade, Paramoti (no alto Curu); General Sampaio, Apuiarés, Tejuçuoca, Itapajé, Irauçuba, Umirim, São Luís do Curu (no médio Curu); e São Gonçalo do Amarante, Paraipaba e Paracuru (no baixo Curu) (CEARÁ, 2009).

O rio Curu apresenta uma área total estimada em 8.600 km², com suas nascentes nas serras do Céu, da Imburana e do Lucas, no município de Canindé. Sua foz localiza-se na divisa dos municípios de Paracuru e Paraipaba (BRANDÃO; FREITAS, 2014). O rio Canindé tem suas nascentes no Maciço de Baturité e assume papel relevante no contexto da bacia hidrográfica do Curu, pois é o principal afluente da sua margem direita.

Segundo Soares (2006), a paisagem da bacia hidrográfica do Curu foi transformada a partir da intervenção antrópica por meio da retirada da vegetação natural e substituição pela agricultura de subsistência e perenização de trechos dos rios, através da construção de reservatórios de água superficial.

Os reservatórios de água desempenham importante papel no controle de inundações e na crescente demanda de água potável para seres humanos, para animais de criação, aquacultura e agricultura (GUNKEL, 2019). A bacia hidrográfica do rio Curu caracteriza-se pelo alto nível de açudagem, possuindo 818 reservatórios. Os açudes Pentecoste e General Sampaio são responsáveis por aproximadamente 70% do volume de acumulação dessa bacia (CEARÁ, 2009).

Assim como na maioria dos municípios do Ceará, a limitação da disponibilidade hídrica é um problema recorrente em Pentecoste, agravada pela seca iniciada em 2011. Como medida de mitigação da seca está à construção de açudes e perfuração de poços. Segundo Dantas e Rodrigues (2015) o processo de açudagem tem a intensão de proporcionar o desenvolvimento da região nordeste através da disponibilidade hídrica para as atividades agrícolas, industriais e serviços, além do abastecimento humano.

Os açudes do Ceará são divididos em pequeno, médio, grande e macro, sendo construídos pelo governo, por particulares e em regimes de cooperação. A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos-COGERH (2008) estabelece uma classificação para os açudes de acordo com a capacidade volumétrica em: macro porte (> que 750.000.000m³), grande porte (de 75.000.000 a 750.000.000m³), médio porte (de 7.500.000 a 75.000.000m³) e pequeno porte (de 0,5 a 7.500.000m³). Os açudes de pequeno porte são geralmente construídos para abastecer a população rural dos municípios cearenses, principalmente para o uso consumo humano e dessedentação animal.

Em Pentecoste, ressalta-se três açudes de grande porte, Pereira de Miranda, Caxitoré e Sítios Novos. O açude Pereira de Miranda, denominado por alguns órgãos de Pentecoste, é o único totalmente inserido no município, foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas-DNOCS em 1957, apresenta 2.840

km² de área de drenagem e a bacia hidráulica possui 5.700 ha com capacidade de armazenamento de 360.000.000 m³ (COGERH, 2021).

O açude Caxitoré encontra-se parcialmente inseridos em Pentecoste, apresenta uma área de drenagem de 1.430 km² e a bacia hidráulica possui 4.574 ha com capacidade de armazenamento de 202.000.000 m³. O açude Sítios Novos também se encontra parcialmente inseridos em Pentecoste, apresenta uma área de drenagem de 446 km² e a bacia hidráulica possui 2.010 ha com capacidade de armazenamento de 126.000.000 m³ (COGERH, 2021). O quadro 1 especifica as características técnicas dos três açudes de grande porte do município de Pentecoste.

Quadro 1: Características técnicas dos principais açudes de Pentecoste, CE.

AÇUDE	MUNICÍPIO	CAPACIDADE	SISTEMA	RIO BARRADO
Pentecoste	Pentecoste	360.000.000 m ³	Curu	Rio Canindé
Caxitoré	Umirim-Pentecoste	202.000.000 m ³	Curu	Rio Caxitoré
Sítios Novos	Caucaia-Pentecoste	126.000.000 m ³	Metropolitana	Rio São Gonçalo

Fonte: COGERH (2021).

O açude Pentecoste é o principal reservatório de grande porte do município por ser o único totalmente inserido em Pentecoste, e tratar-se da principal fonte de oferta hídrica para as diversas atividades econômicas e consumo humano e dessedentação animal. Segundo Oliveira (2009) o açude Pentecoste é responsável pelo controle das cheias do rio Canindé e riacho Capitão-Mor, auxiliando na perenização do rio Curu pela irrigação das terras à jusante, bem como propicia o desenvolvimento da piscicultura e o aproveitamento das culturas à montante.

Em função da grande variação do escoamento fluvial e do longo período de ausência de lâmina d'água, a construção de açudes surge como uma alternativa para acumular água e garantir o suprimento hídrico nos longos períodos de estiagens (FARIAS, 2015).

Na última década, a escassez hídrica tem afetado significativamente as atividades desenvolvidas nos mais diferentes setores econômicos da região semiárida brasileira. O baixo índice pluviométrico registrado e, conseqüentemente, a baixa recarga dos reservatórios, causaram, por exemplo, suspensão do fornecimento de água para irrigação, redução da disponibilidade hídrica para abastecimento humano e dessedentação animal (LOPES, 2016, p. 69).

A oferta hídrica dos reservatórios do Ceará tem diminuído bastante com o período de seca iniciado em 2011. No período de 2004 a 2021 (Figura 3), o açude Pentecoste diminuiu consideravelmente seu volume, em 2010 obteve o maior armazenamento, 75,79%. No período de 2014 a 2019 apresentou os menores valores, com destaque para o ano de 2017 que obteve o menor volume, 0,14%.

O açude Caxitoré em 2010 obteve o maior volume de armazenamento, 80,89% e, de 2015 a 2018, diminuiu drasticamente com valores de 5,53%, 5,48%, 3,61% e 6,68%,

respectivamente. O açude Sítios Novos, em 2014, apresentou 89,11% do volume armazenado, maior valor para a série analisada. De 2015 a 2019 obteve os menores valores, com destaque para o ano de 2017 com 0,12% da capacidade de armazenamento. A redução dos volumes dos açudes do município de Pentecoste tem agravado a situação da qualidade da água desses corpos hídricos.

Figura 3: Volume dos açudes do município de Pentecoste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada para o abastecimento de Pentecoste advém principalmente do açude Pereira de Miranda, numa demanda de 65 L/s, sendo distribuída na zona urbana do município pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará-CAGECE. Na zona rural do município prevalece, para o consumo humano, a água de cisternas, poços e caminhões-pipa que são distribuídos para a população local.

Tendo em vista, os usos múltiplos da água e a importância desse recurso para a segurança hídrica e vida das populações, a COGERH realiza o monitoramento da qualidade da água dos reservatórios do Ceará e lançou um estudo com o resultado desse acompanhamento nos últimos 12 anos (2008 a 2020), através de análises de amostras de água coletadas nos açudes Pentecoste, Caxitoré e Sítios Novos. Os dados disponibilizados pela COGERH demonstram um processo de eutrofização dos açudes que compromete a qualidade da água e demanda estratégias de melhoria e recuperação desses recursos.

A eutrofização é ocasionada pela carga de nutrientes destinada aos açudes do NEB, especialmente de nitrogênio (N) e fósforo (P). As principais fontes de poluidoras que causam a eutrofização dos reservatórios do Ceará são: a) as descargas de esgotos domésticos e industriais; b) afluição de partículas de solos contendo nutrientes, em decorrência de erosão hídrica; c) presença de gado, principalmente no entorno do reservatório; e d) exploração de piscicultura intensiva no espelho d'água do açude (PAULINO; OLIVEIRA; AVELINO, 2013; COGERH, 2021).

Os efluentes domésticos contêm altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, favorecendo o processo de eutrofização quando lançados “in natura” nos

ecossistemas aquáticos (JARVIE; WHITTON; NEAL, 1998). A eutrofização é um processo dinâmico que ocorre geralmente em ambientes lênticos, ou seja, que apresentam águas paradas ou com movimento lento ou estagnado. Esse processo altera a qualidade da água e provoca uma série de prejuízos a biodiversidade aquática e aos seus usos múltiplos (LIMA; MONTEIRO, 2015).

Quanto à salinidade dos açudes do município de Pentecoste, Ceará (2009) destaca que os reservatórios pertencentes a bacia hidrográfica do rio Curu apresentam concentrações de cloretos inferiores a 250 mg/l, valor dentro do tolerado pelo Ministério da Saúde para consumo humano, com exceção dos açudes Caracas e Salão. Levando-se em consideração as características de salinidade para irrigação, as águas dos reservatórios se classificam de salinidade alta.

Outra importante forma de abastecimento de água nos sertões do NEB é o uso das cisternas de placas construídas através do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: 1 Milhão de Cisternas Rurais-P1MC coordenado pela Articulação no Semiárido-ASA. Em Pentecoste as cisternas fazem parte da paisagem na zona rural, atualmente totalizam-se 1.350 cisternas de placa com capacidade de armazenar 16 mil litros de água, cada uma, que permite o abastecimento doméstico da população (ASA, 2021). A construção de cisternas de placa no NEB para o armazenamento de água da chuva para consumo humano é uma ferramenta de políticas de convivência com a seca através de uma tecnologia simples e barata que melhoram a qualidade de vida dos sertanejos.

CONCLUSÃO

Através do estudo do balanço hídrico climatológico é possível realizar um planejamento dos recursos hídricos do território. Nessa perspectiva, destaca-se que o município de Pentecoste, condicionado pelas características climáticas e regime de precipitações, apresenta deficiência hídrica durante 10 meses do ano o que demonstra a necessidade de mitigação dos efeitos da seca e deficiência através de projetos de irrigação e construção de reservatórios e cisternas para garantir a oferta hídrica para o abastecimento humano e atividades agropecuárias.

Portanto, conclui-se que a análise do balanço hídrico de Pentecoste é relevante, pois permite conhecer o regime hídrico que apoiado as características climáticas, potencializa o planejamento de estratégias de racionalização e otimização dos usos dos recursos hídricos do município. Salienta-se ainda que os principais cursos hídricos superficiais do município, rio Curu e o Canindé, são importantes afluentes da margem esquerda da Bacia Hidrográfica do Rio Curu e juntamente diversos reservatórios, de pequeno, médios e grande porte, são intensamente utilizados pela população do município para o abastecimento humano, dessedentação de animais, lazer, irrigação da agricultura de subsistência.

Os usos múltiplos nem sempre são acompanhados de um planejamento, sendo perceptíveis os impactos nesse ambiente, principalmente, a eutrofização, a poluição, as ocupações irregulares e o assoreamento de cursos hídricos do município. A partir do exposto, a ampliação dos estudos sobre os recursos hídricos superficiais, dentre eles as bacias hidrográficas e os reservatórios do semiárido cearense é urgente, para

garantir o uso racional, conservação e manejo adequado dos recursos naturais e consequentemente, a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ASA. **Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC)**. 2021. Acesso em 03 maio 2021. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/>.

BRANDÃO, R de; FREITAS, L. C. B. (orgs). **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014.

CEARÁ. **Bacias Hidrográficas do Ceará**. Fortaleza: COGERH, 2016. Acesso em 03 maio 2021. Disponível em: <http://www.cogerh.com.br>.

CEARÁ. **Caderno regional da bacia do Curu**. Fortaleza: INESP, 2009.

CEARA. Secretária dos Recursos Hídricos. **Programa de ação de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, PAE-CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria dos Recursos Hidricos, 2010.

COGERH, Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH, campanha novembro/2020: relatório final**. Fortaleza: COGERH, 2021.

DANTAS, S. P; RODRIGUES, I. B. Alguns apontamentos sobre a política de açudagem no nordeste brasileiro. In: ZANELLA, M. E; SALES, C. L. **Clima e recursos hídricos no Ceará na perspectiva geográfica**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015.

FARIAS, J. F. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Palmeiras-Ceará, Brasil**. 2015, 222f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. V. 1. Nº. 1, 2005

GUNKEL, G. Manejo das bacias hidrográficas: serviços de ecossistemas e tecnologias avançadas. In: PHILIPPI JR., A.; SOBRAL, M do C. (eds). **Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade**. 1 ed. Barueri (SP): Manole, 2019.

IPECE. **Perfil Básico municipal de Pentecoste**, 2016. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2016/Pentecoste.pdf/ Acesso em: 23 jul. 2020.

JARVIE, H; WHITTON, B; NEAL, C. Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: Speciation, sources and biological significance. **Science Of The Total Environment**, v. 210, p.79-109, 1998.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Cima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. et al. (orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LIMA, A. G. de; MONTEIRO, J. de S. Qualidade da água em reservatórios voltados para o abastecimento público em áreas rurais. In: ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L. **Clima e recursos hídricos no Ceará na perspectiva geográfica**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015.

LIMA, E. C. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú**: Serra das Matas-Ceará. 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

LOPES, J. W. B. **Disponibilidade hídrica em reservatórios no semiárido brasileiro: interações entre assoreamento e escassez**. 107f. 2016. Tese (Doutor em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

LOURENÇO, R. M. **Diagnóstico Físico-Conservacionista como aporte para a análise da degradação no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu (CE)-Brasil**. Fortaleza, 2013, 192f. Dissertação (mestrado em Geografia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MAIA JÚNIOR, L. P.; CARACRISTI, I. O sistema climático semiárido do Nordeste Brasileiro: gênese e dinâmica atmosférica regional. In: FALCÃO SOBRINHO, J.; FIGUEIREDO, M. F.; FALCÃO, C. L. da C. **Meio Ambiente e sustentabilidade no semiárido**. Sobral: Edições Universitárias, 2012.

MORO, M. F. et al. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015.

NASCIMENTO, F. R. do. Caracterização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais: cenários e desafios. In: MEDEIROS, C. M. de. et al. (orgs). **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011.

OLIVEIRA, R. R. A. **Estudo da qualidade ambiental do reservatório Pentecoste por meio do Índice de Estado Trófico Modificado**. 141f, 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Ceará, 2009.

PAULINO, W. D.; OLIVEIRA, R. R. A.; AVELINO, F. F. Classificação do estado trófico para o gerenciamento de reservatórios no semiárido: a experiência da COGERH no estado do Ceará. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Bento Gonçalves, 2013. **Anais**. Bento Gonçalves-RS: ABRH. p. 1-8, 2013.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M; SANTOS, A. R. B. Balanço hídrico climatológico para os municípios de Piripiri e São João do Piauí, Piauí, Brasil. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 3, p. 228-235, 2015.

SOUZA, M. J. N. de; Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L. C; SOUZA, M. J. N. de; MORAIS, J. O de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. Centerton, New Jersey, v. VIII, p.1, 1955.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B. da. *et al* (orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.

ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO PERÍODODAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA EM CRATEÚS – CE

Antonia Letícia Paiva de Sousa
Vitória Regina Alves Martins
Gabriel Carvalho de Mesquita
Gilson deOliveira Claudino

INTRODUÇÃO

De acordo com Mendonça e Danni Oliveira (2011), o Brasil situa-se em uma das áreas de maior recebimento de energia solar do planeta – a faixa intertropical e a sua configuração climática, ou seja, a sua tropicalidade, expressa-se principalmente na considerável luminosidade do céu (insolação) e nas elevadas temperaturas aliadas à pluviosidade (clima quente e úmido).

O Nordeste do Brasil (NEB), destaca-se principalmente pela presença de três tipos de clima: clima litorâneo úmido (do litoral da Bahia ao do Rio Grande do Norte), clima tropical (em áreas dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí), e clima tropical semiárido (contemplando todo o sertão nordestino) (KAYANO; ANDREOLI, 2009). Ainda conforme Kayano e Andreoli (2009), a região citada possui acentuada variabilidade interanual, em especial, na precipitação, com alguns anos extremamente secos e outros extremamente chuvosos.

A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2014) destaca os principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a chuva no nordeste brasileiro, sendo estes, a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, as Frentes Frias, os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior - VCAS, as Linhas de Instabilidade, os Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM e as ondas de Leste. Sendo que destes sistemas o de maior representatividade na composição da precipitação no Ceará é a ZCIT (PESSOA., et al. 2017).

Especificamente sobre o semiárido nordestino, o mesmo apresenta, elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas e baixas amplitudes térmicas. Além disso, apresenta irregularidade das chuvas, baixos índices pluviométricos e também ocorrem elevadas taxas de evapotranspiração associadas às elevadas temperaturas e elevado déficit hídrico (MARENGO, 2012; ZANELLA, 2014).

Como agravante, Nascimento (2018), afirma que a urbanização desordenada e as diferentes transformações no uso e cobertura no solo, podem modificar diretamente o balanço de energia na superfície terrestre de áreas urbanas, alterando assim, o seu campo e as condições de conforto térmico ambiental nessas áreas.

Essas transformações, tais como a substituição da vegetação por construções e a impermeabilização generalizada do solo (alteração no balanço de energia pela capacidade diferenciada de absorção e reflexão dos materiais presentes na superfície), associada às atividades humanas (aumento do calor produzido pelos veículos, pelas indústrias, pelos climatizadores de ambientes internos), proporcionam o aumento da temperatura nas cidades, formando as ilhas de calor (AMORIM, 2020). Sendo o fenômeno Ilhas de Calor Urbana (ICU), o responsável pelo desconforto térmico (NETO; AMORIM, 2018).

Conforme Feitosa et al. (2011), as mudanças decorrentes do processo de crescimento da população e expansão urbana geram impactos no ambiente que são intensificados pelas constantes transformações do espaço, causando um desequilíbrio na natureza e nas interações atmosfera-Terra. O novo espaço construído, e modificado pelas variadas formas de ocupação do solo, altera os elementos meteorológicos, formando diferentes microclimas. Esses desequilíbrios são provocados pela impermeabilização do solo, pelos materiais condutores de energia térmica utilizados no meio urbano, pela poluição do ar, pelo aumento das edificações e, principalmente, pela redução da vegetação.

Dessa forma, diante da preocupação em proporcionar um ambiente que resulte no bem-estar das pessoas, é necessário a análise e compreensão do conforto térmico em ambientes externos, que possam ajudar a melhorar a qualidade dos mesmos, criando influência positiva entre o uso, o comportamento das pessoas e o planejamento de novos espaços, assim como a qualidade de vida (CAVALCANTE et al, 2011).

A relevância desse assunto se dá devido a saúde e o bem-estar da população urbana serem diretamente afetados pelo clima gerado pela cidade. Essa influência pode se dar por meio de diversas variáveis, como a intensidade da radiação solar, a velocidade do vento, a temperatura e a umidade do ar. Esses elementos climáticos possuem relação direta com o conforto térmico (ANDRADE, 2005).

Conforme Abdel-Ghany, Al-Helal e Shady (2013), o conforto térmico humano é definido como uma condição da mente, que expressa a satisfação com o ambiente circundante. O conforto térmico, que é regido pela temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação, está intimamente relacionado às percepções e preferências em relação à forma como as pessoas usam os espaços ao ar livre (HUANG; LIN; LIEN, 2015). Segundo Novais et. al (2018), essa característica afeta, diretamente, o desempenho das atividades realizadas pelos indivíduos em seu interior e apresenta grande influência sobre a saúde humana.

Nesse contexto, a área de estudo está localizada na região semiárida dos sertões de Crateús, em específico, no município de Crateús e se caracteriza por registrar altas temperaturas e baixa precipitação, o que contribui para o aumento da sensação de calor e desconforto térmico na cidade. Associado às características climáticas do local de estudo, tem-se os efeitos impulsionadores do desconforto térmico, gerados pelo uso e ocupação do solo.

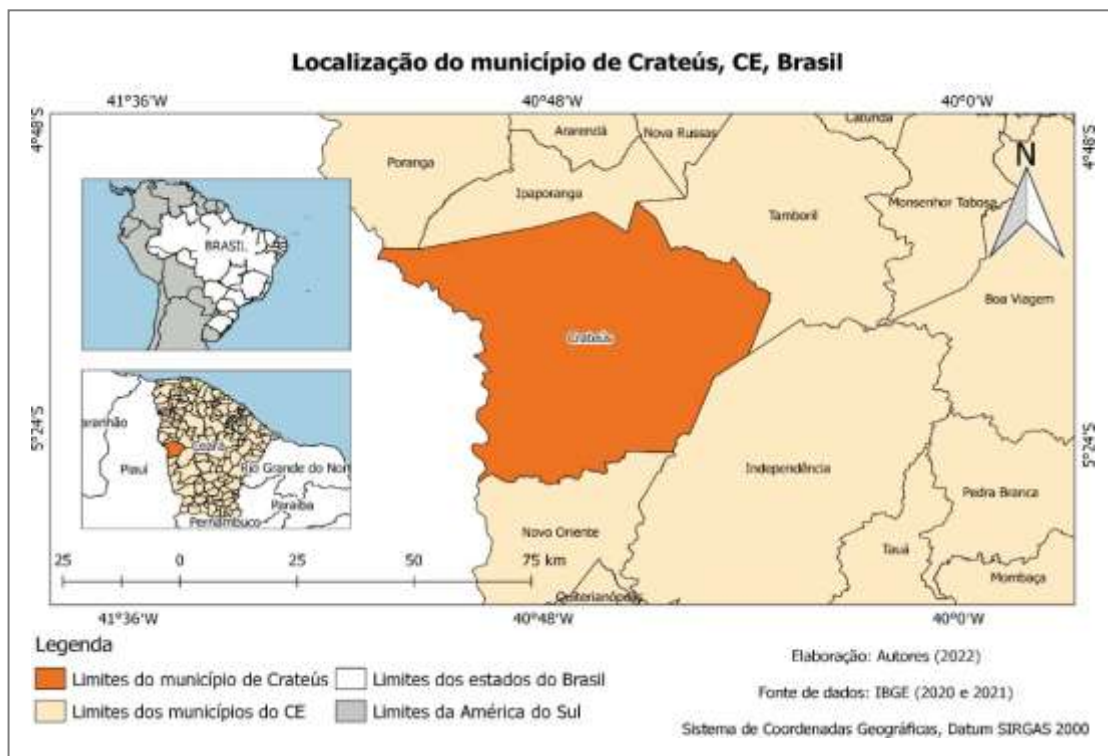
Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo analisar o conforto térmico do município de Crateús do período da estação seca (setembro a novembro), e do período da estação chuvosa (janeiro a abril), referente aos anos de 2015 a 2020, utilizando o Índice de temperatura e Umidade (ITU). E a partir da classificação desse índice citado, obtida conforme os critérios de Nóbrega e Lemos (2011), fazer uma comparação das estações seca e chuvosa e, com isso, avaliar a influência da temperatura e da umidade relativa para o conforto térmico.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

De acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2017), o município de Crateús, está situado na mesorregião dos Sertões Cearenses e microrregião dos Sertões de Crateús, no estado do Ceará (Figura 1). O município possui uma área territorial de 2.981,459 quilômetros quadrados (IBGE, 2021), com coordenadas geográficas, 5°10'42" de latitude (Sul) e 40° 40'39" de longitude (Oeste), e encontra-se a uma altitude de 274,7 metros em relação ao nível do mar, apresentando uma temperatura média entre 26°C e 28°C e precipitações anuais médias de 731,2 milímetros distribuídas entre os meses de janeiro e abril. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o município de Crateús possui uma população estimada para o ano de 2021 de 75.241 habitantes, com uma densidade demográfica registrada no último censo do IBGE (2010) de 24,39 hab/km².

Figura 1 - Localização do município de Crateús-CE



Fonte: Autores, 2022.

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Segundo o IPECE (2017), o município está compreendido no semiárido brasileiro, apresentando os climas Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Semiárido, e possui aspectos geomorfológicos predominantes pela presença do Planalto da Ibiapaba, Depressões Sertanejas e Maciços Residuais. Além disso, ainda conforme o Instituto citado, o município de Crateús, possui uma vegetação de Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Caducifólia Espinhosa e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial.

Os solos predominantes são os Planossolos, latossolos e argissolos, propiciando o desenvolvimento da caatinga arbórea (floresta caducifólia /espinhosa), caatinga arbustivaaberta, mata seca (floresta subcaducifólia tropical pluvial) e a vegetação de carrasco, xerófita arbustiva densa de caules finos (IPECE, 2017). Destaca-se o município estar localizado sobre áreas de rocha cristalina, onde está presente neossolos litólicos e com combinação com zonas de acumulação próximos aos afluentes do Rio Poti (OLIVEIRA, 2020).

Conforme a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH, 2021), o relevo na maior porção do território da Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús é caracterizado por topografias suaves e pouco dissecadas da Depressão Sertaneja, com altitudes variando de 200 a 500 m, resultado da superfície de aplainamento em atuação no Cenozóico.

Índice de Desconforto Térmico

Para a obtenção do índice de desconforto térmico foram utilizados dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), através da estação automática A342 localizada na sede do município de Crateús. A análise dos dados compreendeu os anos de 2015 a 2020, na qual, buscou-se analisar o desconforto térmico relacionado a influência do regime pluviométrico e a umidade relativa na temperatura do centro urbano durante este período, observando ainda a influência da urbanização nos últimos cinco anos, com base no uso e ocupação do solo referente ao processo de expansão da cidade de Crateús.

Para a realização da classificação do Índice de Desconforto Térmico (IDT), foi utilizadoo Índice de Temperatura e Umidade (ITU), sendo este, recomendado por Barbirato, Sousa e Torres (2007), devido ser comumente empregado para regiões localizadas nos trópicos devidosua praticidade. Para a determinação do ITU foi utilizada a seguinte equação indicada por Nóbrega e Lemos (2011):

$$ITU = 0,8 * Ta + \frac{UR * Ta}{500}$$

Onde:

UR - representa a umidade relativa (em %).

Ta - representa a temperatura média do ar (em °C);

Os resultados obtidos a partir da equação 1, foram classificados de acordo com os intervalos de quantificação designados na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios para a classificação do ITU

Níveis de conforto	ITU
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente desconfortável	24 < ITU < 26
Extremamente desconfortável	ITU > 26

Fonte: Nóbrega e Lemos (2011).

A presente pesquisa optou por analisar o conforto térmico considerando a sazonalidade, analisando o período da estação chuvosa compreendendo os meses de janeiro a abril e do período com menor precipitação, compreendendo os meses de setembro a novembro, entre os anos de 2015 a 2020. Tendo em vista, a relação das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar além do índice de desconforto térmico com o crescimento urbano nesse período de cinco anos, com a implantação de polos universitários, expansão do comércio, e conseqüentemente, o aumento de áreas impermeáveis.

Estes meses foram escolhidos devido a Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús apresentar temperaturas máximas que ocorrem nos meses de setembro a dezembro, atingindo valores máximos de até 35,4°C, em outubro (COGERH, 2021), enquanto temperaturas amenas no seu período chuvoso (MONTE et al., 2019). Dessa forma, foi possível avaliar nesse período de tempo, quantitativamente, o quanto as precipitações e sua falta influenciaram na temperatura e umidade na cidade de Crateús.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos de temperatura e umidade relativa, ambos em média mensal, foi possível fazer uma análise quantitativa do IDT, compreendendo o período da estação seca e o período da estação chuvosa do município de Crateús, entre os anos de 2015 a 2020.

A Tabela 2 apresenta os resultados alcançados para o período da estação seca, onde há menores índices de precipitações. Diante disso, pode-se observar na referida tabela que, entre os anos de 2015 e 2020, constatou-se que a classificação do IDT, nos meses de setembro dos anos de 2015, 2019 e 2020, apresentou-se como levemente desconfortável e, enquanto nos demais períodos, foram preponderantemente extremamente desconfortáveis. Considerando a presença de temperaturas elevadas no período da estação seca analisada, constatou-se que nenhum dos meses avaliados foram confortáveis. Além disso, identificou-se que, a maior temperatura média mensal registrada, foi referente ao mês de novembro de 2016, chegando a 30,48 °C, portanto, acima da temperatura média do município de Crateús, sendo que esta, varia de 26 e 28 °C (IPECE, 2017).

A preponderância da classificação extremamente desconfortável para o período analisado observado na Tabela 2, deve-se dentre os fatores para a obtenção desses resultados, principalmente aos ciclos de fortes estiagens e secas em regiões do semiárido brasileiro em intervalos que vão de poucos anos até décadas e, às mudanças no espaço urbano devido às interferências antrópicas contribuindo para o aumento do índice de insolação, diminuindo o albedo e a sensação de conforto térmico pela população (MARENGO et al., 2011; NÓBREGA; LEMOS, 2011).

Em relação as classificações obtidas como levemente desconfortáveis, mesmo em um período de escassez de precipitações e de temperaturas predominantemente elevadas, deve-se ao fato da influência na redução da temperatura média no mês de setembro, em que foram registradas temperaturas de 29,27 °C, 29,29 °C e 28,94 °C para os anos de 2015, 2019 e 2020 respectivamente.

Ao analisar o parâmetro umidade relativa durante a estação seca estudada, notou-se uma variação de 38 a 58,57%, sendo portanto, índices inferiores ao que é

recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que estabelece que índices de umidade inferiores a 60% não são adequados para a saúde humana (OMS, 2012). Segundo Silva et al., (2020), valores extremos de temperatura e umidade do ar podem acarretar em diversos riscos a qualidade de vida em decorrência dos riscos associados ao desconforto térmico, sendo estes riscos à saúde da população, tais como fraqueza, tonturas, náuseas, dor de cabeça, câimbras, acidente vascular cerebral e entre outros (QUEIROGA, 2019; SILVA et al., 2020). A exemplificação dos resultados pode ser melhor entendida no Gráfico 1.

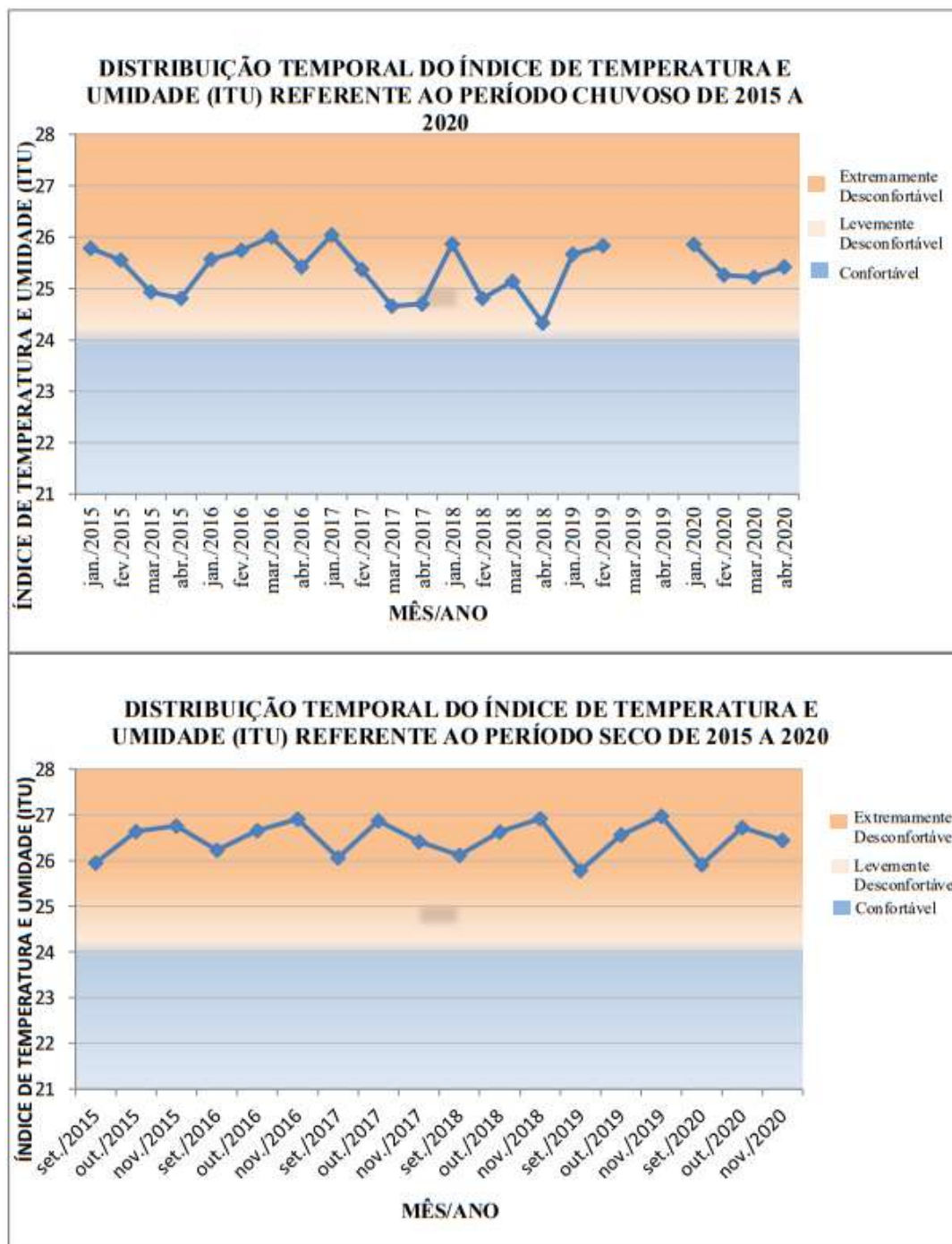
Tabela 2: Estimativa mensal do IDT referente ao período seco de 2015-2020 no município de Crateús- CE

Mês/Ano	Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	Classificação
set./2015	25,95	Levemente desconfortável
out./2015	26,64	Extremamente desconfortável
nov./2015	26,76	Extremamente desconfortável
set./2016	26,23	Extremamente desconfortável
out./2016	26,66	Extremamente desconfortável
nov./2016	26,91	Extremamente desconfortável
set./2017	26,06	Extremamente desconfortável
out./2017	26,87	Extremamente desconfortável
nov./2017	26,41	Extremamente desconfortável
set./2018	26,12	Extremamente desconfortável
out./2018	26,63	Extremamente desconfortável
nov./2018	26,92	Extremamente desconfortável
set./2019	25,78	Levemente desconfortável
out./2019	26,56	Extremamente desconfortável
nov./2019	26,97	Extremamente desconfortável
set./2020	25,91	Levemente desconfortável
out./2020	26,72	Extremamente desconfortável
nov./2020	26,44	Extremamente desconfortável

Fonte: Autores (2022).

Já em relação a classificação de conforto térmico referente ao período chuvoso, nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, é possível notar na Tabela 3 que houve a predominância como levemente desconfortável para o IDT, enquanto que, dois meses do período analisado (mar/2016 e jan/2017) mostraram-se como extremamente desconfortável. Destaca-se que embora o período analisado seja da estação chuvosa, nenhum mês apresentou-se como confortável. É de ser relatado que não foi possível avaliar os meses de março e abril do ano de 2019, em vista a estação do INMET localizada na cidade de Crateús não ter realizado registro de dados de temperatura média mensal para os respectivos meses.

Gráfico 1: Distribuição temporal do ITU referente ao período chuvoso e seco de 2015 a 2020 na cidade de Crateús – CE



Fonte: Autores, 2022.

Tabela 3: Estimativa mensal do IDT referente ao período chuvoso de 2015-2020 no município de Crateús- CE

Mês/Ano	Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	Classificação
jan./2015	25,78	Levemente desconfortável
fev./2015	25,55	Levemente desconfortável
mar./2015	24,93	Levemente desconfortável
abr./2015	24,81	Levemente desconfortável
jan./2016	25,57	Levemente desconfortável
fev./2016	25,74	Levemente desconfortável
mar./2016	26,01	Extremamente desconfortável
abr./2016	25,42	Levemente desconfortável
jan./2017	26,04	Extremamente desconfortável
fev./2017	25,37	Levemente desconfortável
mar./2017	24,66	Levemente desconfortável
abr./2017	24,7	Levemente desconfortável
jan./2018	25,87	Levemente desconfortável
fev./2018	24,81	Levemente desconfortável
mar./2018	25,14	Levemente desconfortável
abr./2018	24,33	Levemente desconfortável
jan./2019	25,67	Levemente desconfortável
fev./2019	25,83	Levemente desconfortável
mar./2019	-	-
abr./2019	-	-
jan./2020	25,86	Levemente desconfortável
fev./2020	25,26	Levemente desconfortável
mar./2020	25,22	Levemente desconfortável
abr./2020	25,42	Levemente desconfortável

Fonte: Autores (2022).

É importante destacar que a temperatura e a umidade relativa do ar são parâmetros influenciados pelas precipitações. Isso foi notado quando no período chuvoso ter registrado maiores índices de umidade relativa do ar, sendo destaque na série de estudo de 2020, na qual, o mês de março registrou a maior média mensal (85% de umidade relativa do ar) em relação aos demais períodos analisados, e que segundo o calendário mensal de precipitações fornecido pela Funceme (2022), o referido mês registrou o maior índice de precipitações.

De maneira geral, conforme a avaliação dos períodos da estação seca e da estação chuvosa, verificou-se que durante o período seco, as temperaturas médias mensais variaram de 28,83 °C a 30,48 °C, tendo menores registros de umidade relativa do ar ao passo que no período de precipitações, a variação foi de 25,45 °C a 28,58 °C, apresentado maiores valores de umidade relativa do ar.

Ao analisar que tanto no período chuvoso como no período seco houveram classificações mensais do ITU como “levemente desconfortável” e “extremamente desconfortável” (não houve a classificação “confortável”), supõe-se que esta condição pode estar relacionada ao processo de intensificação da urbanização da cidade de Crateús, onde teve um aumento da taxa de urbanização de 67,15% para

72%, considerando-se os anos de 1990 a 2000 e 2000 a 2010, respectivamente (IBGE, 2010).

Conforme Silva (2019), ao avaliar o processo de urbanização vinculado à forças de atração econômica e social, a presença de equipamentos e o oferecimento de alguns serviços determina a centralidade da microrregião, como por exemplo, a presença de órgãos públicos, instituições de ensino superior, instituições bancárias, hospitais, clínicas e consultórios, além da diversidade de atividades comerciais. Assim essa estrutura se tornou impulsionadora de fluxos que articulam assim a rede urbana de Crateús (OLIVEIRA, 2020).

Esse processo de expansão urbana da cidade de Crateús pode ser observado através das imagens de satélite na Figura 2, onde é possível notar o crescimento de áreas construídas, e conseqüentemente áreas impermeabilizadas e redução de áreas verdes, ao longo dos anos de 2005, 2013, 2019 e 2021.

Figura 2 – Crescimento urbano da cidade de Crateús-CE de 2005 a 2021.



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Conforme observado na Figura 2, é notável na cidade de Crateús as conseqüências do crescimento da malha urbana, cumprindo-se o que Tucci já afirmava (2002), onde esse fenômeno tem gerado redução de áreas arborizadas e aumento de superfícies impermeáveis, favorecendo a absorção de parte da radiação solar, aumentando a temperatura ambiente, produzindo ilha de calor na parte central do centros urbano, onde predomina o concreto e o asfalto. Todos esses fatores influenciam diretamente para as condições de desconforto térmico na cidade. Nesse caso, medidas de mitigação ou minimização do desconforto térmico, bem como a arborização é fundamental para amenizar os efeitos negativos da urbanização e melhoria das variáveis climáticas (BARBOZA et al., 2020).

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, foi possível verificar que durante o período da estação seca, apenas três meses apresentaram-se como levemente desconfortável e, enquanto no período da estação chuvosa, onde espera-se que ocorra um melhoramento da sensação de conforto térmico devido a redução da temperatura, verificou-se que, os meses de março do ano de 2016 e janeiro do ano de 2017 do período chuvoso foram extremamente desconfortáveis, apesar da predominância levemente desconfortável.

Por isso, por apresentar dados de conforto térmico entre a classificação levemente extremamente desconfortável, ressalta-se a necessidade de medidas que possam mitigar os impactos sob a população. De acordo com o que foi verificado, notou-se que no período analisado, a população de Crateús esteve sob condições de elevado desconforto térmico. Diante disso, recomenda-se algumas intervenções através da política de planejamento urbano associada ao uso e ocupação do solo, aplicação de pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e arborização de áreas como forma de controle das funções de regulação da sensação térmica para uma melhor qualidade e conforto térmico para a cidade. Por fim, destaca-se a relevância da realização de pesquisas relacionadas aos parâmetros umidade e temperatura, que possam contribuir para melhorias na sensação de conforto térmico para o município de Crateús. Como sugestões para trabalhos futuros, sugere que seja avaliado o IDT para outros períodos de anos, como por exemplo, nas estações do ano de inverno e verão. Propõe-se também a realização da análise do desconforto térmico, com outros índices, que correlacione a umidade, temperatura e velocidade dos ventos e assim possa possibilitar uma avaliação mais ampla para o desconforto térmico e comparar com os resultados obtidos na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M.C.C.T. Ilhas de Calor em Cidades Tropicais de Médio e Pequeno Porte: Teoria e Prática. 1 ed. Curitiba: Appris, 2020.

ABDEL-GHANY, A.M.; AL-HELAL, I. M.; SHADY, M. R. Human Thermal Comfort and Heat Stress in an Outdoor Urban Arid Environment: A Case Study. Hindawi Publishing Corporation, Advances in Meteorology Vol. 2013, 2013.

BARBOZA, E.N., ALENCAR, G.S.S., DE ALENCAR, F.H.H. A arborização melhora o conforto térmico em áreas urbanas: O caso de Juazeiro do Norte, Ceará. Research, Society and Development, v.9, 2020.

CAVALCANTE, F.M.S; ANJOS, I.B.M; FIQUEREDO, M.L; SOUSA, V.A; NOGUEIRA, V.F.B. Análise do índice de calor e desconforto térmico na cidade de Caicó-RN. In: II CONIDIS: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2017. Campina Grande – PB. Anais do II CONIDIS: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande. Editora Realize, 2017. p. 1-8.

COGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. Plano de recursos hídricos das regiões hidrográficas do Ceará, 2021. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2021/07/INICIANDO-O-DI%3%81LOGO-RHSC1.pdf>> Acesso em: 03 Jan. 2021.

FEITOSA, S.M.R. et al. Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina – Piauí. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.6, n.2, p.58-75, 2011.

FUNCEME. Fundação Cearense Meteorológica de Recursos Hídricos, 2022. Disponível em <<http://funceme.br/app- calendario/diario/municipios/media/2020/5>>. Acesso em: 01. Jan 2022.

HUANG, K.; LIN, T.; LIEN, H. Investigating Thermal Comfort and User Behaviors in Outdoor Spaces: A Seasonal and Spatial Perspective. Advances in Urban Biometeorology, v. 15, p. 1- 11, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama de Crateús. Disponível em: <cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crateus/panorama>. Acesso em: 06 Fev. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal de mapas. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa222602>>. Acesso em: 05 Fev. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2000. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9663-censo-demografico-2000.html?edicao=9773&t=publicacoes>> Acesso em: 03 Dez. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=23&dados=7>> Acesso em: 03 Dez. 2021.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Municipal de Crateús – CE, 2017. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>> Acesso em: 01 Dez. 2021.

INMET, Instituto Nacional de Metodologia, Estações Automáticas – Gráficos. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 05 Dez. 2021.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e

mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Instituto Nacional do Semiárido. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas: Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Campina Grande (PB), (p. 383-422), 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. Bibliografia, São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MONTE, P.M.P.; CLAUDINO, G.O.; MOTA, J.A.X. Aplicação do Índice de Conforto Térmico no Instituto Federal do Ceará – Campus Quixadá. *In: CONADIS – Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido, 2016. Campina Grande – PB. Anais do CONADIS – Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande. Editora Realize, 2016.p. 1-9.*

MONTE, P.M.P.; CLAUDINO, G.O.; LEMOS, H.A.F.; MOTA, J.A.X. Análise do índice de conforto térmico no período da pré-estação chuvosa em Crateús-CE. *In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019. Fortaleza-CE. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Fortaleza: UFC, 2019. p. 1-10.*

NASCIMENTO, J.G. Avaliação do índice de Conforto Térmico em pontos representativos da malha urbana da cidade de Bayeux (PB). 2018. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Ecologia, Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Centro de Ciências Aplicadas a Educação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

NETO, A.T., AMORIM, M.C. Ilha de Calor Urbana e desconforto térmico: uma análise episódica em Cuiabá/MT. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física, 2017. Campinas – SP. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017. p. 1492-1506.*

NÓBREGA, R.S.; LEMOS, T.V.S. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. *Revista de Geografia (UFPE). Revista de Geografia, v.28, n.1, p.93-109, 2011.*

NOVAIS, J.W.Z.; MARQUES, A.C.A.; SIQUEIRA, A.Y.; REIS, N.M.S.; JOAQUIM, T.D.; PEREIRA, S.P. Índice de Temperatura e Umidade (ITU) Visando o Conforto Térmico para o Parque Mãe Bonifácia, Cuiabá-MT. *Ensaios Cienc., v. 22, n. 2, p. 69-75, 2018.*

OLIVEIRA, J.R.F. O clima urbano em cidade de pequeno porte no semiárido cearense: o caso de Crateús. 2020. 151 f. Tese (Doutorado) – Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

OMS, Organização Mundial da Saúde. Actas Oficiales de La OMS. n°2, 2012. Disponível em <http://www.who.int/library/collections/historical/es>. Acesso em: 16 de mai. 2022.

PESSOA, P. R. S.; BARROSO, T.C.; BEZERRA, G.G.; ROCHA, L.B. Aspectos Hidroclimáticos e Comportamento da Precipitação nos Municípios de Acaraú e Camocim – CE. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física*, 2017. Campinas – SP. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017. p. 2624-2628.

QUEIROGA, D.Q. Índice de calor e desconforto térmico humano nas condições de ambiente natural em Patos, PB, Brasil. 2019. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Caraúbas – RN, 2019.

SILVA, E. M.; BARBOZA, E. N.; MORAIS, J.M.P.; SOUZA, J.H.A.; OLIVEIRA, B.B. Análise de sensação térmica no município de Barbalha, Ceará. *Research, Society and Development*, v. 9, n.7, 2020.

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n.1, p.5-27, 2002.

ZANELLA, M.E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, (p.126-142), 2014.

ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO PERÍODO DA ESTAÇÃO SECA EM QUIXERAMOBIM – CE

Francisco Alan Sousa Anchieta
Gerson Dias da Silva
Ana Luiza Soares Campelo
Ana Daniele Rufino Saboia
Gilson de Oliveira Claudino

INTRODUÇÃO

As influências das atividades humanas no clima constituem um dos mais importantes campos para pesquisas em Climatologia no território brasileiro. Para Mendonça e Danni-Oliveira (2009, p.149), “o Brasil apresenta uma considerável tipologia climática que decorre diretamente de sua extensão geográfica e da conjugação entre os elementos atmosféricos e os fatores geográficos particulares da América do Sul e do próprio País.” Ainda segundo os autores, o território brasileiro apresenta a existência de cinco grandes compartimentos climáticos, influenciados pelas características atmosféricas, condições estáticas e dinâmicas que são particulares ao território brasileiro.

Entre esses cinco compartimentos climáticos, que são característicos de cada região do país, a ocorrência de temperaturas elevadas ganha destaque em algumas regiões, sobretudo no nordeste brasileiro, fazendo com que a seca seja objeto de muitos estudos e debates, conforme Campos e Studart (2001). Além de elevadas temperaturas, a região nordeste não apresenta uma distribuição de chuvas típicas das áreas equatoriais e segundo Cavalcanti et al. (2009) “inclui principalmente três tipos de clima, com a precipitação anual variando de 300 a 2.000 mm: clima litorâneo úmido (do litoral da Bahia ao do Rio Grande do Norte); clima tropical (em áreas dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí); e clima tropical semiárido (em todo o sertão nordestino)”.

A explicação para a ocorrência natural de temperaturas elevadas na região é feita por Nimer (1989) onde esclarece que a região é submetida a forte radiação solar, pois como a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do sol sobre o horizonte, isto é, do ângulo de incidência dos raios solares, ela será mais intensa quanto menor ele for e este irá variar na proporção inversa da latitude. Além disso, ainda que possam ocorrer por causas naturais, diversas atividades antrópicas contribuem para o aumento da temperatura.

De acordo com Fernandes e Medeiros (2009), o Nordeste brasileiro possui características que o torna limitante para certas atividades agropastoris e por apresentar um histórico de ações mitigadoras que foram falhas, responsáveis por um desenvolvimento limitado, a região vem sofrendo sérios problemas de ordem ambiental. Os autores continuam, ao relatar que a desertificação é um dos principais problemas existentes, promovendo desequilíbrios ocasionados também pela ação humana, que associados às limitações climáticas locais constitui um fenômeno causador de problemas sociais e ambientais.

Outro problema ambiental recorrente é o desmatamento, onde somente no Nordeste brasileiro, segundo o MapBiomias (2020), foram registrados 1.104 municípios com

desmatamento, do total de 1.793, ou seja, 61,57% das cidades. Especificamente no estado do Ceará, houve supressão de 8.964 hectares de vegetação nativa no ano de 2020, colocando-o em quarto lugar entre os estados do Nordeste. Importante destacar que no estado do Ceará predomina o bioma Caatinga, onde é formado por plantas adaptadas a períodos secos prolongados e com uma rica variedade de animais, representados por uma diversidade de espécies, embora já apresente um grande número de espécies ameaçadas de extinção (EMBRAPA, 2007).

Nesse contexto, os diversos problemas de ordem ambiental têm provocado várias alterações climáticas, sobretudo no sistema climático urbano das cidades, pois conforme Santos et al (2012) problemas como o aumento das temperaturas médias do ar e o desconforto térmico, são alguns dos principais responsáveis por comprometer a qualidade de vida das populações urbanas. Dessa forma, o conforto térmico tem sido uma ferramenta muito empregada quando se quer, por exemplo, analisar a qualidade de vida das populações.

A norma americana ASHRAE 55 (2010) define conforto térmico como “a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Em outras palavras, um ambiente que apresente condições desfavoráveis, principalmente relacionados a temperatura e umidade, irá provocar um estado de insatisfação no ambiente em que se encontra, pois podem causar influência sobre chuvas, sensações térmicas e conseqüentemente no conforto térmico local.

Para se avaliar o nível de conforto térmico ambiental, pode ser empregado diversos índices, sendo eles dependentes de parâmetros como a temperatura, umidade relativa do ar ou mesmo a radiação do ambiente. Entre eles pode-se citar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que de acordo com Grassmann (2014) apud Azevedo (2005), é um excelente indicador de conforto térmico mediante a associação da umidade relativa do ar e da temperatura relativa do ar.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi determinar e analisar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para a cidade de Quixeramobim-CE. A escolha de Quixeramobim se deu em vista de ser a segunda maior cidade do Sertão Central cearense e também por possuir como característica um clima quente durante a maioria dos meses do ano. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2009, p.149), “o município de Quixeramobim caracteriza-se por clima quente o ano todo”, tendo um clima tropical-equatorial, também conhecido como seminário, com sete a oito meses seco, concentrando as chuvas entre os meses de janeiro a maio.

A pesquisa se concentrou durante os meses da estação seca por considerar que é o período com a ocorrência de maiores temperaturas anuais e menores índices de pluviosidade. Quanto ao período analisado, foi escolhida a década de 2010, tendo em vista essa ter sido marcada por um grande crescimento na infraestrutura da cidade, o que abrangeu mudanças na economia local, educação, moradia, saúde pública, mobilidade urbana (pavimentação asfáltica), entre outros pontos. Todo esse crescimento levou ao aumento de construções e conseqüentemente áreas impermeabilizadas, bem como na redução de áreas verdes, o que interfere no conforto térmico na cidade.

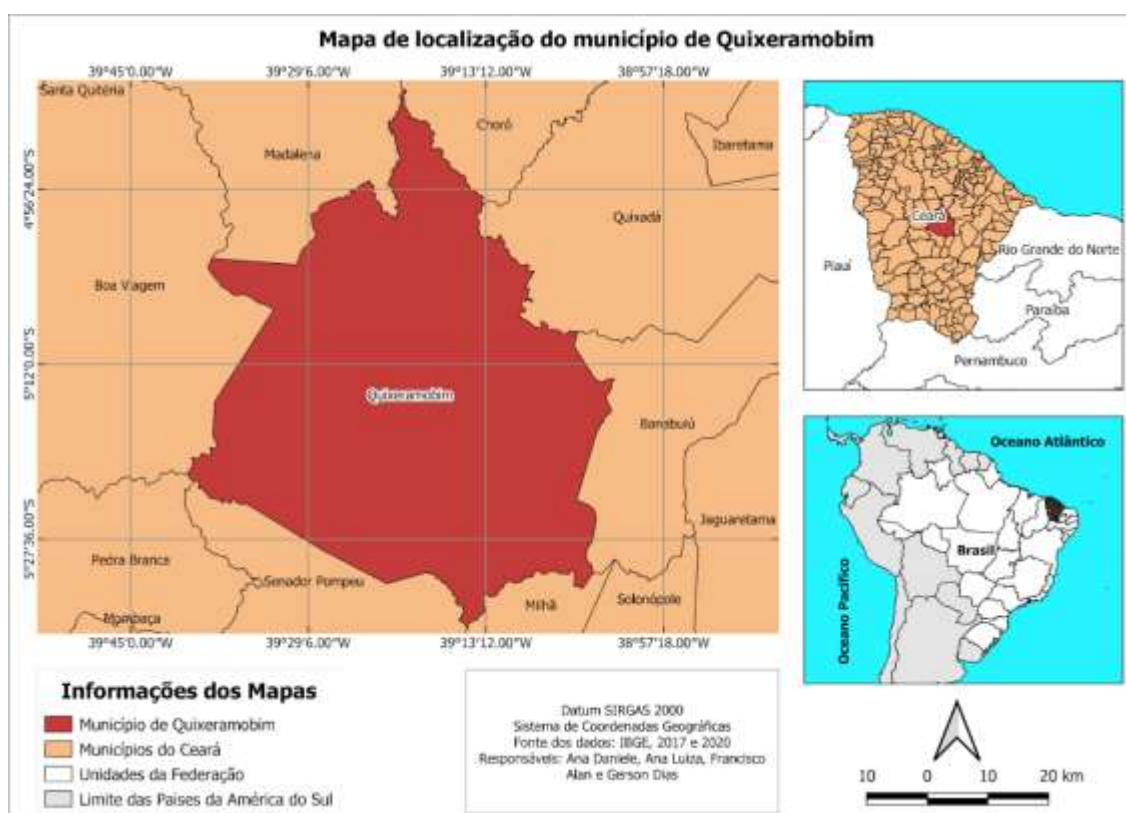
MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

O município de Quixeramobim está localizado a 212,6 km de distância da capital cearense, Fortaleza, por via rodoviária (BR-122). Conforme o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2016), o município pertence à mesorregião dos Sertões Cearenses e à microrregião do Sertão de Quixeramobim. Faz fronteira com os municípios de Pedra Branca, Quixadá, Banabuiú, Boa Viagem, Senador Pompeu, Madalena, Choró e Milhã, como é possível observar na Figura 1.

Suas coordenadas geográficas são 5° 11' 57" de latitude sul e 39° 17' 34" de longitude oeste, com uma altitude de 191,7 m e uma área absoluta de 3.324,9 km², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). A estimativa da população é de cerca de 82.455 habitantes, de acordo com IBGE, em 2021, tendo uma densidade demográfica de 21,95 (hab/km²) (IBGE, 2010).

Figura 1 – Mapa de localização do município de Quixeramobim



Fonte: Autores (2022).

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Ainda conforme o IPECE (2016), o relevo da região é caracterizado por depressões sertanejas e maciços residuais, com solos do tipo litólicos, podzólico vermelho-amarelo, bruno não cálcico, regossolo, vertissolo, planossolo solódico e brunizem avermelhado. Em relação à vegetação, apresenta uma vegetação de Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Caducifólia Espinhosa e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial.

A região está localizada na bacia hidrográfica do Banabuiú, onde possui clima do tipo tropical quente semiárido, com uma temperatura média em torno de 26°C a 28°C e

pluviosidade anual média de 707,7 mm que ocorre entre os meses de janeiro a maio (IPECE, 2016).

Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Para esta pesquisa, foram utilizados os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação automática A325, com localização -5.17 de latitude sul e -39.29 de longitude oeste e da estação convencional 82586, de localização -5.17 de latitude sul e -39.29 de longitude oeste, presentes na cidade de Quixeramobim. O período analisado abrangeu a estação do ano com menor pluviometria na região, ou também conhecido como período seco, que está concentrado entre os meses de agosto a novembro.

Para essa análise, foi escolhida a década de 2010, em vista essa ter sido marcada por um grande crescimento na infraestrutura da cidade, o que abrangeu mudanças na economia local, educação, moradia, saúde pública, mobilidade urbana (pavimentação asfáltica), entre outros pontos. Todo esse crescimento levou ao aumento de construções e conseqüentemente áreas impermeabilizadas, bem como na redução de áreas verdes, o que afeta o conforto térmico na cidade.

Além disso, foram utilizados dados de uma estação da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), localizada a -5.20 de latitude sul e -39,29 de longitude oeste, a fim de complementar dados ausentes de ambas as estações do INMET. Já para analisar o crescimento urbano e a retirada da cobertura vegetal ao longo da década na sede do município de Quixeramobim, utilizou-se as imagens dispostas no programa Google Earth Pro.

A partir da coleta dos dados, empregou-se a equação recomendada por Nóbrega e Lemos (2011) para calcular os valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU):

$$ITU = 0.8 * T_{ar} + \left(\frac{UR * T_{ar}}{500} \right)$$

Onde:

UR - umidade relativa do ar (%);

T_{ar} - temperatura do ar (°C).

Os resultados obtidos foram interpretados de acordo com os critérios de classificação proposto por Nóbrega e Lemos (2011), como é possível observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios para classificação do ITU

Níveis de Conforto	ITU
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente desconfortável	24 < ITU < 26

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de Temperatura e Umidade registrados mensalmente na cidade de Quixeramobim pela estação automática A325 e pela estação convencional 82586 do INMET nos meses de agosto a novembro, foi possível calcular o ITU e assim analisar o conforto térmico nos meses de menor pluviometria. A Tabela 2 demonstra os dados obtidos pela equação proposta por Nóbrega e Lemos (2011) e a classificação do conforto térmico conforme os critérios dos mesmos autores.

Tabela 2 – Estimativa Mensal do ITU nos meses de menor pluviometria da década de 2010 em Quixeramobim

		TU			
Ano	Mês	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
2010		26,56	26,73	28,05	27,96
2011		25,92	26,87	27,99	27,02
2012		27,39	26,76	27,31	27,35
2013		27,83	27,13	27,41	27,17
2014		27,19	28,00	27,93	28,02
2015		27,33	28,07	27,93	28,56
2016		27,48	26,85	28,78	27,40
2017		26,12	26,59	27,36	26,80
2018		26,13	26,30	27,83	28,63
2019		27,04	27,24	27,70	27,73

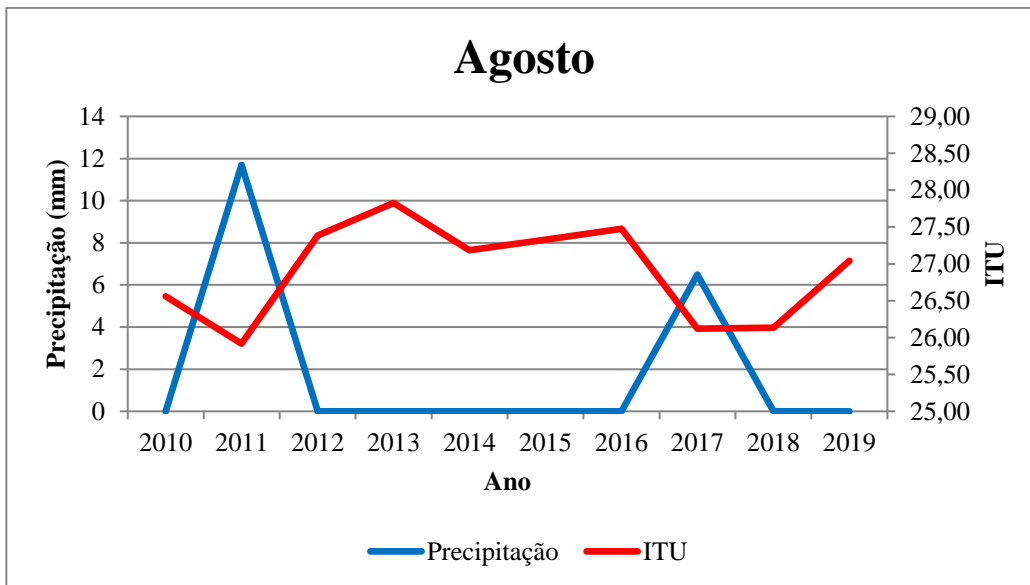
Legenda:  Confortável  Levemente Desconfortável  Extremamente Desconfortável

Fonte: Autores (2022).

Como observado na Tabela 2, os referidos meses nos anos de 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019 foram classificados como extremamente desconfortável, enquanto o ano de 2011 apenas o mês de agosto foi classificado como Levemente Desconfortável. É importante destacar o fato de que nenhum dos meses dos anos estudados foram classificados como Confortável.

Ao avaliar as possíveis causas do baixo conforto térmico na cidade, pode-se sugerir a baixa precipitação no período, em vista essa influenciar diretamente sobre o ITU. Os gráficos 1 a 4 apresentam uma relação dos dados da série histórica de precipitação nos meses estudados, fornecido publicamente pela Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) no sistema *Hidroweb*, e os dados calculados de conforto térmico.

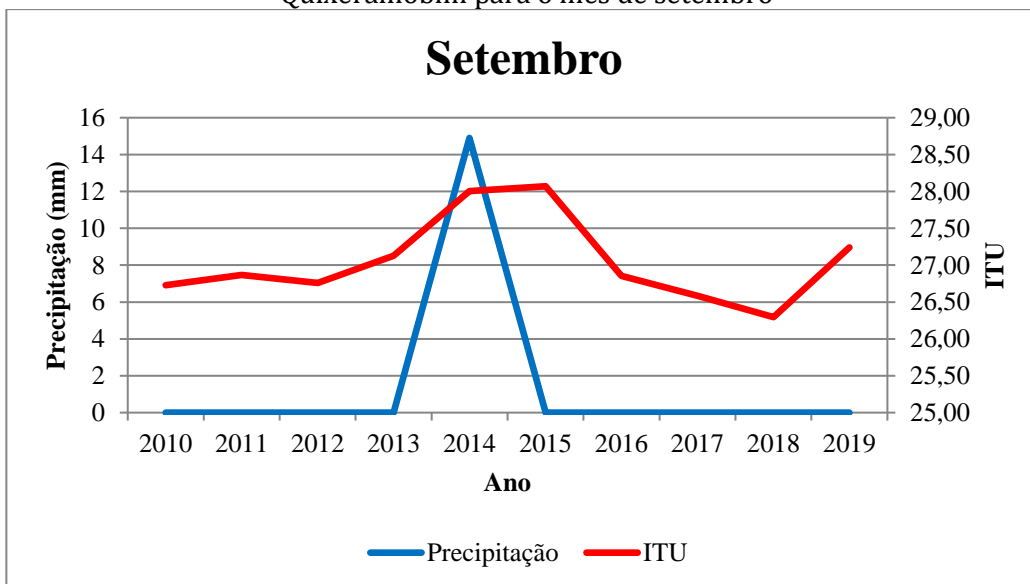
Gráfico 1 – Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Precipitação Total na cidade de Quixeramobim para o mês de agosto



Fonte: Autores (2022).

Observa-se no gráfico 1 que nos anos de 2011 e 2017, que tiveram as menores taxas de ITU, foram os únicos anos com ocorrência de chuva para o mês de agosto. No intervalo de 2012 a 2016 identifica-se um período sem precipitação e que também possui altos valores de ITU comparados aos outros anos. Logo, percebe-se uma relação entre o conforto térmico e a precipitação.

Gráfico 2 – Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Precipitação Total na cidade de Quixeramobim para o mês de setembro



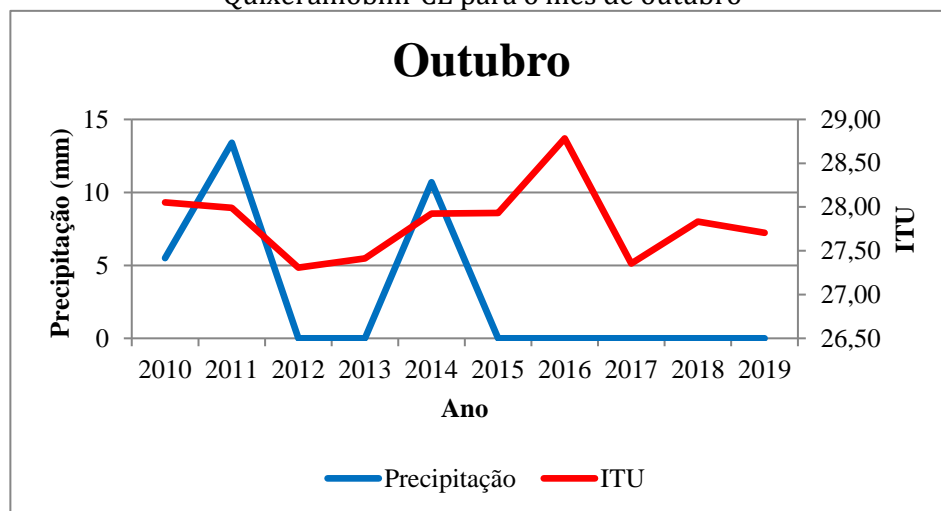
Fonte: Autores (2022).

Para o mês de setembro, observa-se no gráfico 2 que apenas o ano de 2014 que houve precipitação. Apesar disso, percebe-se o alto índice de ITU o que indica alto desconforto térmico, diferentemente do que ocorre no Gráfico 1. Possivelmente se deve a baixa precipitação distribuídas em três dias, com uma máxima de 7,2 mm que

não foi suficiente para aumentar o conforto térmico. Os anos de 2017 e 2018, mesmo sem precipitação, são os que tem os menores índices de ITU para o mês de setembro. Isso pode indicar que outros fatores acabam por influenciar no valor de ITU.

Já ao observar o Gráfico 3, os anos de 2010, 2011 e 2014 foram os únicos com precipitações para o mês de outubro, porém com altos índices de ITU semelhante ao que é visto no Gráfico 2. Como no gráfico anterior, essas precipitações foram concentradas em apenas dois dias ao mês, que não foi suficiente para melhorar o conforto. No ano de 2017, novamente, mesmo sem chuvas há uma baixo valor de ITU.

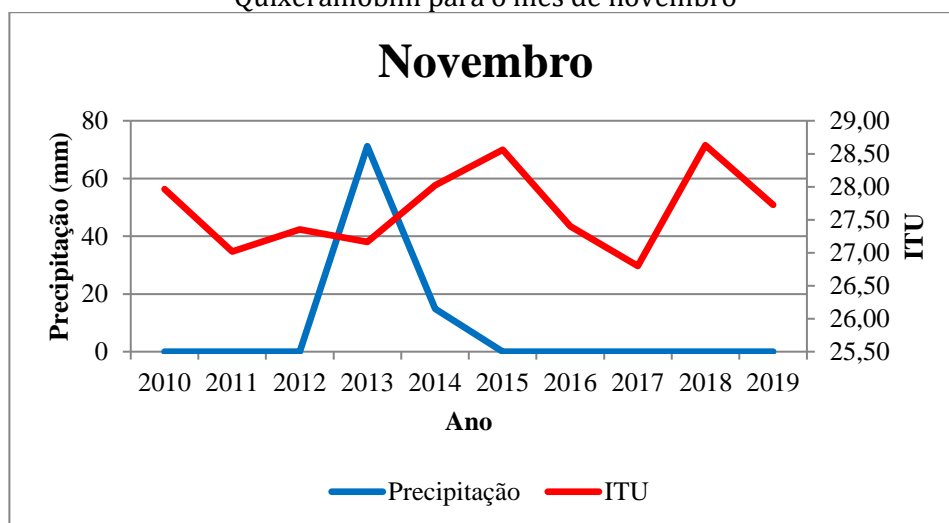
Gráfico 3 – Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Precipitação Total na cidade de Quixeramobim-CE para o mês de outubro



Fonte: Autores (2022).

Para o mês de novembro (Gráfico 4), observa-se que houve uma elevada quantidade de precipitação no ano de 2013 com um baixo valor de ITU comparado aos outros anos. Nota-se ainda que quando houve a diminuição do volume de precipitação no ano de 2014, houve aumento imediato do desconforto térmico. Mais uma vez, no ano de 2017, mesmo sem chuvas há uma baixo valor de ITU.

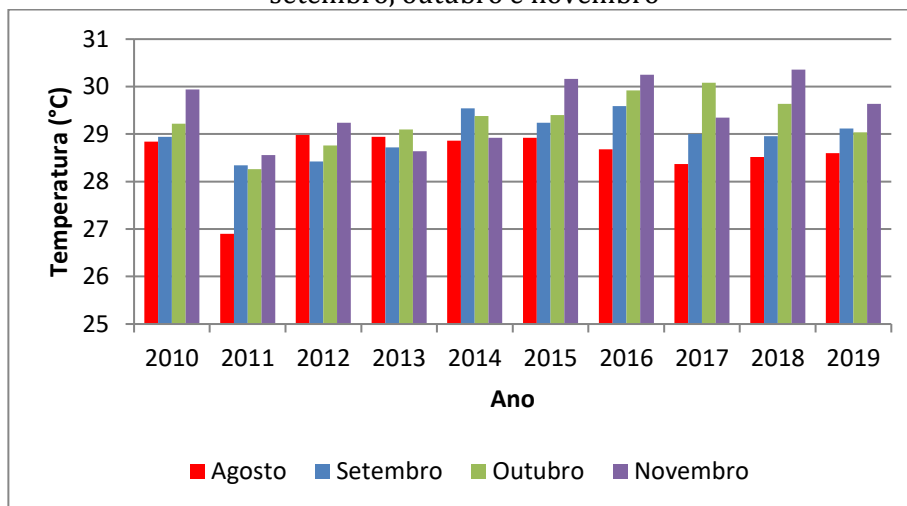
Gráfico 4 – Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Precipitação Total na cidade de Quixeramobim para o mês de novembro



Fonte: Autores, 2022.

A fim de buscar entender mais detalhadamente o comportamento do ITU, os gráficos 5 e 6 apresentam os valores de temperatura e umidade, respectivamente, para os meses de agosto, setembro, outubro e novembro em todos os anos da década de 2010.

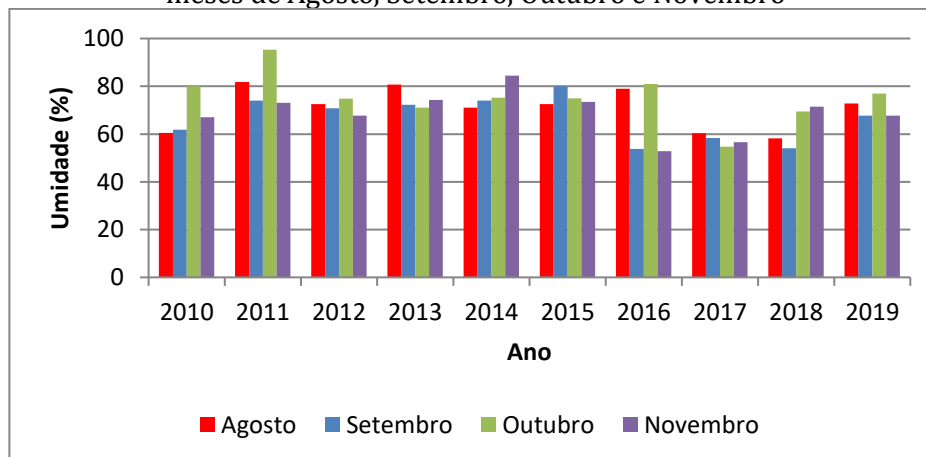
Gráfico 5 – Temperatura Média na cidade de Quixeramobim nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro



Fonte: Adaptado, INMET (2022).

Observou-se pelo Gráfico 5 que nos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014 foram aqueles com menores temperaturas, o que pode indicar maior conforto térmico. Porém, ao observar o Gráfico 6 foi identificado altos valores de umidade relativa do ar para os meses desses anos específicos, o que pode explicar a elevação do ITU registrados.

Gráfico 6 – Umidade relativa do ar da estação seca da cidade de Quixeramobim-CE dos meses de Agosto, Setembro, Outubro e Novembro



Fonte: Adaptado, INMET (2022).

Um fato relevante foi identificado no ano de 2017, o qual nos 4 meses estudados, a umidade relativa do ar esteve bem próxima a 60%, valor esse indicado pela OMS (2012) como ideal para o conforto térmico e saúde humana, o que pode explicar os menores valores de ITU.

Outro fator que pode ter influência no ITU é o crescimento populacional e o consequente crescimento de edificações e pavimentação urbana. A Tabela 3 demonstra os dados populacionais fornecidos publicamente pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2022).

Tabela 3 - Estimativa da população na década de 2010 para o município de Quixeramobim

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
População	71.887	72.865	73.812	75.565	76.386	77.174	77.931	78.658	79.081	81.082
Crescimento Anual Populacional (%)	-2,21*	1,36	1,30	2,37	1,09	1,03	0,98	0,93	0,54	2,53

Fonte: Adaptado, IPECE (2022).

*Não é possível afirmar que no ano de 2010 houve perda de população, pois nesse ano houve o censo do IBGE e podem ter ocorrido erros nas estimativas para o ano anterior.

Ao analisar os dados demonstrados na Tabela 3, identifica-se que houve um crescimento populacional de 12,8% a uma taxa anual aproximado de 1,21% para essa década no município sendo menor ao que é observado na década anterior com uma taxa anual de 2,18% e aumento de 24,8% da sua população. Em relação à primeira e a segunda metade da década de 2010, observa-se, respectivamente, um crescimento de 6,3% a uma taxa anual de 1,22% e 6% a uma taxa anual de 0,99%. Essa tendência não é exclusiva ao município, pois na década, o estado do Ceará teve um aumento populacional de 8% contra 15% na década de 2000.

Apesar disso, ainda houve um considerável aumento na população total do município somada a formação de novas empresas no período. De acordo com a IPECE (2022), na década, houve um crescimento no número de empresas industriais, comerciais e de serviços em 179%, 101% e 369%, respectivamente. Nesse mesmo período, o número de trabalhos formais mais que triplicou. Todos esses fatores contribuem para o aumento da renda e ao acesso a serviços e produtos que antes não era possível. Com isso, a malha urbana do município teve um considerável aumento na década. A Figura 2 abaixo compara, por meio de imagens de satélite, o crescimento urbano da sede do município no começo e início da década.

É possível perceber o crescimento da poligonal urbana na década com a formação de novos lotes na sede do município. Destaca-se o complexo residencial ao norte, loteamento a noroeste e um novo lote a leste, possivelmente impulsionada pela construção do Hospital Regional do Sertão Central. Observam-se também alguns locais com áreas desmatadas, principalmente ao sul e a nordeste, para provável construção de novos lotes. Com isso, o aumento de novas construções podem contribuir para a ilha de calor na cidade, resultando em maior desconforto térmico.

Observa-se que alguns pontos onde havia corpos hídricos no ano de 2010 que estão menores ou totalmente secas no ano de 2019. Também há uma maior presença de edificações no leito do rio Quixeramobim, que corta a cidade. Isso também ocorre em outros locais como o açude dos Parentes a leste e o açude Lessa no centro. Além de maiores chances de ocorrer enchentes nesses pontos em eventos extremos de precipitação, uma área menor de água pode diminuir a umidade da região.

Figura 2 – Poligonais da área urbana de Quixeramobim em diferentes anos



Legenda: (a) julho de 2010; e (b) outubro de 2019. Fonte: Adaptado, Google Earth (2022).

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, foi possível perceber que dentre os anos analisados, a maioria dos meses apresentou a classificação “extremamente desconfortável”, devido aos baixos índices de precipitações e altas temperaturas. Uma relação encontrada pela análise foi que o aumento da urbanização e supressão vegetal impactaram diretamente no desconforto térmico da cidade.

Como as médias e altas temperaturas são características da região de clima seco, recomenda-se meios que contornam a situação. Como sugestão, deve-se buscar pavimentos que possuam maior albedo (pavimento de concreto permeável ou blocos paralelepípedicos de concreto, por exemplo), ao invés de usar a pavimentação asfáltica, pois esta colabora com o aumento da temperatura; priorizar cores em tons claros para pinturas de edificações e ambientes, incluindo telhados; investir em uma maior arborização da cidade, além de realizar estudos complementares sobre o assunto para que possa ser tratado com mais especificidade.

Ainda, para aumentar a arborização na cidade, em vista os ambientes verdes costumarem demandar muito espaço quando são do tipo horizontal, como os parques, uma alternativa viável é o uso de jardins verticais. Estes são estratégias em

que ocorre o crescimento de plantas apoiadas em estruturas nas paredes das edificações, agindo na absorção de radiação solar, as quais proporcionará um ambiente com temperaturas mais amenas.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional das Águas e do Saneamento Básico. **SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, Portal Hidroweb**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 04 de abr. 2022.

ASHRAE. **Condições Térmicas Ambientais para Ocupação Humana**. Disponível em: https://stringfixer.com/pt/ASHRAE_55. Acesso em: 12 maio 2022.

BRASIL, Mapbiomas. **Todos os estados da Região Nordeste registraram aumento no desmatamento em 2020**. 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/todos-os-estados-da-regiao-nordeste-registraram-aumento-no-desmatamento-em-2020>. Acesso em: 10 maio 2022.

CAMPOS, J. N; B.; STUDART, T. M. C. **Secas no Nordeste do Brasil: Origens, Causas e Soluções**. 2001. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/9326/1/2001_eve_jnbcampos_secas.pdf. Acesso em: 25 abr. 2022.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, I. M. A. F. S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

EMBRAPA. **Preservação e uso da Caatinga**. 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/122743/1/00081410.pdf>. Acesso em: 12 maio 2022.

FERNANDES, J. D.; MEDEIROS, A. J. D. Desertificação no Nordeste: Uma Aproximação Sobre o Fenômeno do Rio Grande do Norte. **Holos**, v. 3, p. 147-161, 2009.

GRASSMANN, C.; EISING, R.; NEVES, L. O.; ELI, K.; JUFFO, V. E. L. **Avaliação do Índice de Temperatura e Umidade Para Vacas Leiteiras da Raça Holandesa em Rio do Sul, SC**. 2014. Disponível em: <https://eventos.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/09/CAZ-38.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Censo 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03 de abr. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Panorama de Quixeramobim**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/quixeramobim/panorama>. Acesso em 03 de abr.2022.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 04 de abr. 2022

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Taxa de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (ALB)**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em 03 de abr.2022.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, **Perfil Básico Municipal de Quixeramobim, CE, 2016**. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Quixeramobim_2016.pdf>. Acesso em: 03 de fev. 2022.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, **Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará**. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web>. Acesso em: 04 de abr. 2022.

MENDONÇA, F.; DANII-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 203 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 427 p.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. **Revista de Geografia**, v. 28, n. 1, 2011.

OMS, **Actas Oficiales de La OMS**. n°2, 2012. Disponível em <http://www.who.int/library/collections/historical/es>. Acesso em: 11 de mai. 2022.

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; SILVA, E. R.; ARAÚJO, L. E.; COSTA, A. D. L. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 541-557, 2012.

DINÂMICAS EM SÉRIES TEMPORAIS PARA O ENHANCED VEGETATION INDEX (EVI) E LAND SURFACE TEMPERATURE (LST) PARA OS MUNICÍPIOS BEBERIBE(CE) E SABOIRO(CE)

Adinan Marzulo Maia Martins
Diego Vicente Sperle da Silva
Carla Bernadete Madureira Cruz

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro sofre com secas seculares que tiveram os primeiros registros com a entrada dos portugueses no continente sul-americano. Esse déficit hídrico ocasionado pelas constantes estiagens não foi devidamente compreendido pelos colonialistas que priorizavam a fixação do homem branco nas terras áridas e, por consequência, aumentava a sua exposição diante dos fenômenos climáticos. Os povos indígenas, antes mesmo da chegada dos portugueses, não sofriam tanto em relação às secas, isso se explica pelo seu caráter nômade, que possibilitava que fugissem das consequências geradas pelas secas e encontrassem melhores condições a alimentos e abrigo. Por muito tempo, essa variabilidade climática no nordeste foi tomada como uma desvantagem regional (NOBRE, 2011).

A problemática referente à degradação de ambientes a níveis antrópicos ao longo dos séculos é um fator que contribuiu para a catalisação dos eventos extremos. Segundo o último relatório do IPCC (2021), tanto o aquecimento e a ocorrência de secas poderão ocorrer com maior frequência no semiárido nordestino, podendo contribuir para a piora dos indicadores econômicos, sociais e ambientais. Estudos em relação a estabilidade dos biomas em relação às mudanças climáticas indicam que o bioma caatinga estará entre os biomas mais vulneráveis (OYAMA; NOBRE, 2003) colocando todo o nordeste brasileiro sob alerta, o que poderá induzir a uma maior pressão regional devido aos núcleos de desertificação (NOBRE, 2011).

Os eventos extremos de secas no semiárido podem estar relacionados às quedas de produtividade da agricultura no Estado do Ceará (CE). A agricultura sob regime sequeiro teve perdas de produtividade consideráveis em suas lavouras de milho, feijão e mandioca no período de 1994 a 2014 (SOUSA, 2016), essas perdas são frutos de reduções de chuvas locais no semiárido cearense podendo ser ligadas às constantes interferências antrópicas no clima. Dados históricos e técnicos evidenciam que os últimos dois séculos parecem ter tido a maior ocorrência de secas e também as piores (MELO, 1999).

Outro fator que pode contribuir para a inutilização das terras destinadas à agricultura é o uso inapropriado de técnicas que não respeitam a sensibilidade local pelas condições naturais do semiárido, dado que tanto a pecuária como a agricultura extensiva têm contribuído para a perda da produtividade dos solos (GIONGO, 2011). O extrativismo para fins utilitários (construções de móveis e cercas) e energéticos (carvão) é bem evidente no contexto do semiárido (MELO, 1999) e pode também desencadear na degradação de ambientes, impactando diretamente os agricultores em relação à produtividade.

Dados históricos do Censo Agropecuário do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) indicam que diversos municípios, no contexto do semiárido político do Ceará

(CE), tiveram perdas consideráveis em suas lavouras permanentes e temporárias em termos de área colhida. O município de Saboeiro (CE) perdeu cerca de 99,9% da área colhida de suas lavouras permanentes e 81,15% de suas lavouras temporárias de 1980 a 2018. Outros municípios, por outro lado, tiveram crescimentos consideráveis como é o caso de Beberibe (CE) que cresceu 677,61% de área colhida em suas lavouras permanentes e 280,77% de suas lavouras temporárias no mesmo período estudado.

Contudo, esta pesquisa tem por objetivo entender o que esse decréscimo e crescimento de dados censitário de agricultura pode contribuir para a interpretação dos dados dos sensores orbitais do MODIS - TERRA de resolução temporal diária. O período estudado nesta pesquisa é de 2000 a 2020, para o qual foram elaborados gráficos de séries temporais para as variáveis *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e para a *Land Surface Temperature* (LST), focando nos recortes municipais de Beberibe (CE) e Saboeiro (CE), municípios com transformações antagônicas.

MATERIAL E MÉTODO

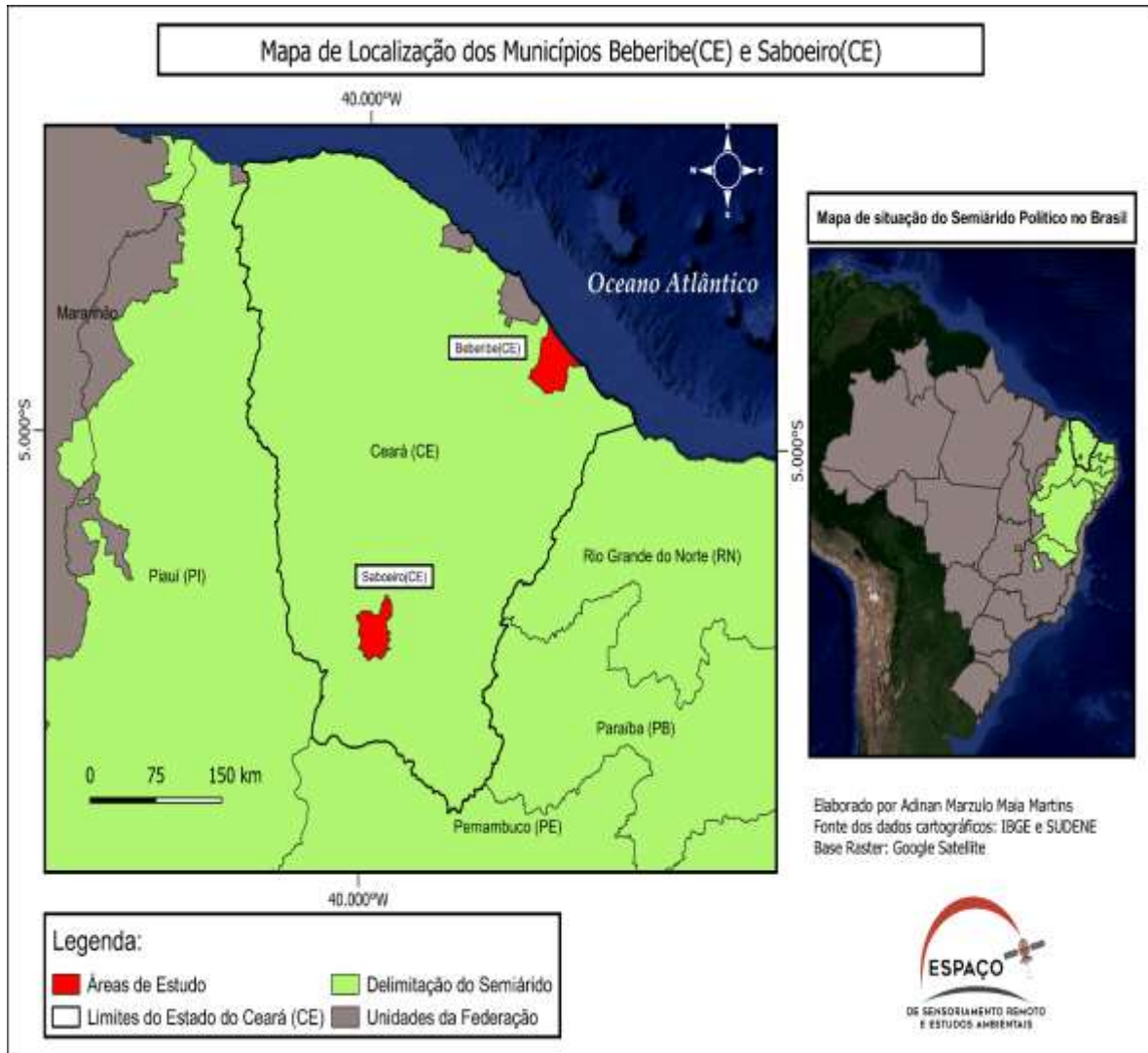
Dos 184 municípios do Ceará (CE), selecionou-se neste estudo Beberibe (CE), localizado próximo à costa, e Saboeiro (CE), localizado mais ao interior do Estado. Segundo o IBGE (2021), o município de Beberibe (CE) faz parte da Mesorregião “Norte Cearense”, possuindo uma área aproximada de 1.596,751 km² com uma densidade populacional de 30,37 hab/km², segundo o último Censo, realizado em 2010. Saboeiro (CE), por outro lado, é situado na Mesorregião “Sertões Cearenses”, possuindo uma área aproximada de 1.381,274 km², com uma densidade populacional de 11,39 hab/km². Os dois municípios apresentam áreas relativamente parecidas e uma densidade populacional considerável, dado que segundo Ab’Saber (2007) confirma que o semiárido brasileiro apresenta a maior taxa de fertilidade humana das Américas. A espacialização dos municípios pode ser vista na Figura 1 a seguir:

Os dados climáticos da FUNCEME (2017) para o Ceará (CE) evidenciam que a temperatura do ar e a precipitação variam de acordo com a região. Beberibe (CE) por estar presente na região “Litoral de Fortaleza” possui totais de precipitação anual bem superiores aos de Saboeiro (CE), localizado na “Região Central e Inhamuns” (Figura 2). Esta relação é importante pois demonstra o caráter dinâmico do clima no semiárido nordestino. Tal dinamismo climático pode indicar municípios que podem sofrer mais em relação aos períodos de secas.

A vegetação predominante em Beberibe (CE) é classificada como “Complexo Vegetacional da Zona Litorânea” (FUNCEME, 1994) que constitui uma diversidade florística que inclui espécies da caatinga, mata atlântica, cerrado, restingas e que também pode ser entendida como uma vegetação característica do bioma amazônico (Castro, 2012).

Em Saboeiro (CE), há a predominância de duas classes de vegetação: a “Caatinga Arbustiva Aberta” e a “Caatinga Arbustiva Densa” (FUNCEME, 1994). Essas distinções florísticas (Figura 3) são importantes pois permitiram uma melhor interpretação dos gráficos de EVI e LST, uma vez que tal diferenciação podem sinalizar comportamentos espectrais diferentes entre o “Complexo Vegetacional da Zona Litorânea” e os derivados da vegetação da caatinga.

Figura 1 – Mapa de Localização de Beberibe (CE) e Saboeiro (CE)



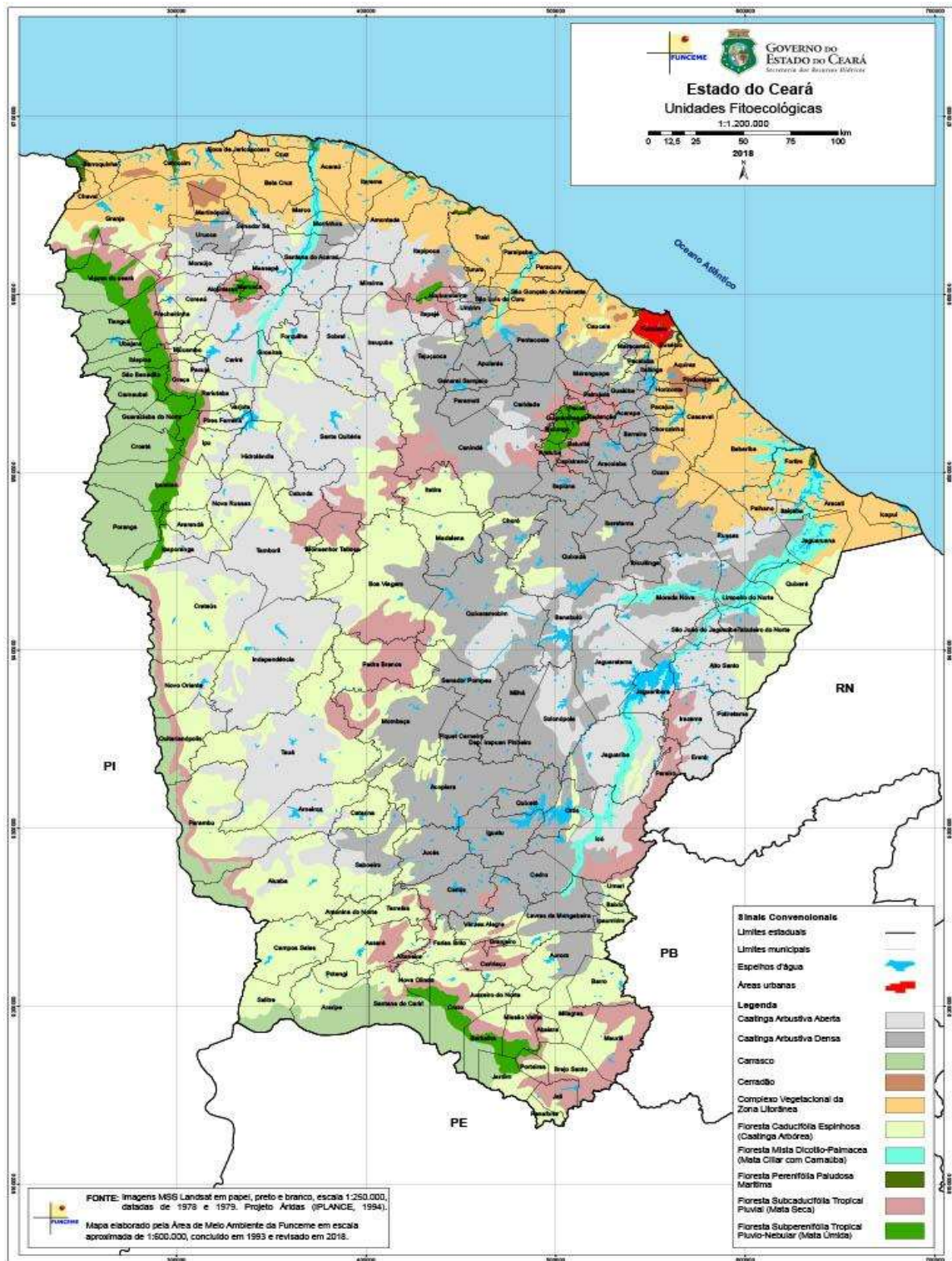
Fonte: Elaborado por Adinan Marzulo Maia Martins com os dados do IBGE (1980 e 2020) e SUDENE (2019).

Figura 2 – Regionalização climática do Estado do Ceará(CE)



Fonte: Elaborado por Lemos *et al.* (2020) com os dados da FUNCEME, 2017.

Figura 3 – Unidades Fitoecológicas do Estado do Ceará(CE)



Fonte:FUNCEME (1994).

Foram necessárias as bases cartográficas da década de 80 do IBGE para os Municípios de Beberibe (CE) e Saboeiro (CE), e para fins metodológicos a base territorial municipal do Ceará (CE) foi regredida, ignorando-se emancipações no período, para uma melhor comparação das dinâmicas da agricultura com as variáveis de temperatura de superfície (LST) e do índice de vegetação EVI. Essas bases cartográficas possibilitaram os recortes das áreas de estudo, sendo incorporadas no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) da plataforma Google Earth Engine (GEE) para fins de manipulação com dados de sistemas sensores orbitais. O código utilizado na plataforma GEE pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Código utilizado no GEE.

GOOGLE EARTH ENGINE
ee.ImageCollection('MODIS/MOD09GA_006_EVI')
ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD11A1')
.filter(ee.Filter.date('2000-01-01', '2020-12-31'));
ui.Chart.image.series({ imageCollection: EVI, (LST) region: area_estudo, reducer: ee.Reducer.mean(), scale: 1000})

Fonte: Elaborado por autores.

Os dados EVI e LST do MODIS - TERRA foram extraídos na plataforma GEE, onde para cada recorte municipal foi aplicado um redutor de média das imagens-índice EVI e LST para toda a série temporal de 2000 a 2020 de dados diários. Ambas variáveis foram amostradas na resolução espacial de 1000 metros. Esses dados foram transferidos para a IDE em linguagem de programação Python 3.9 onde foram organizados e manipulados para a geração dos gráficos em séries temporais.

A organização dos dados se dá pela junção de tabelas em uma representação única para as duas variáveis através da função merge da biblioteca pandas. Foram removidas as linhas com lacunas de dados para pelo menos uma das variáveis estudadas, de forma a não se ter espaços vazios na elaboração dos gráficos das séries temporais.

Os dados da variável temperatura superficial LST tiveram a sua conversão de números digitais para valores em temperatura em kelvin através da multiplicação pelo fator de escala no valor de 0,02 e convertidos para valores em graus celsius através da fórmula:

Fórmula 1: Conversão em graus Celsius

$$T_c = LST \times Ft - Tk$$

Tc = Graus Celsius

LST = Temperatura superficial em números digitais

Tk = Kelvin

Ft = Fator de escala, nesse caso 0,02.

Fonte: Elaborado por autores.

Foi também utilizada a função `rolling` da biblioteca `pandas` que agrupa para cada série de 30 dados, e em cima disso, foi aplicado uma média em cima desses dados comportando-se como uma média móvel simples criando tendências para as variáveis ao decorrer da série temporal. Esse rigor estatístico permitiu a redução dos ruídos dos valores em ambos parâmetros, isso porque a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) quando deslocada ao continente brasileiro pode fazer com que haja uma perda ou ruídos nos dados EVI e LST, dada a influência atmosférica por conta das massas de ar. Quando há perda de dados para uma das variáveis, as células vazias são excluídas pela função `dropna()`.

Esses dados foram plotados pela biblioteca `matplotlib` onde permitiu-se também a padronização das espessuras das linhas dos gráficos e das cores utilizadas para a diferenciação dos municípios nas variáveis EVI e LST. As principais funções utilizadas para o processamento dos dados na IDE do Python podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2: Funções utilizadas no Python 3.9.

PYTHON
<code>df1 = pd.read_csv("EVI")</code> <code>df2 = pd.read_csv("LST")</code>
<code>df = pd.merge(EVI,LST)</code>
<code>df = df.dropna()</code>
<code>df["EVI"].rolling(30).mean().plot()</code> <code>df["LST"].rolling(30).mean().plot()</code>

Fonte: Elaborado por autores.

Ao todo, para a construção desses gráficos, foram utilizados 4.448 dados para a variável EVI e 3.324 dados para a variável LST para os dois municípios estudados na faixa temporal de 2000 a 2020. Este trabalho busca contribuir para o monitoramento do semiárido e para a fomentação de políticas públicas objetivando uma melhor convivência com as secas e, também, para que haja um melhor aproveitamento do uso da terra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

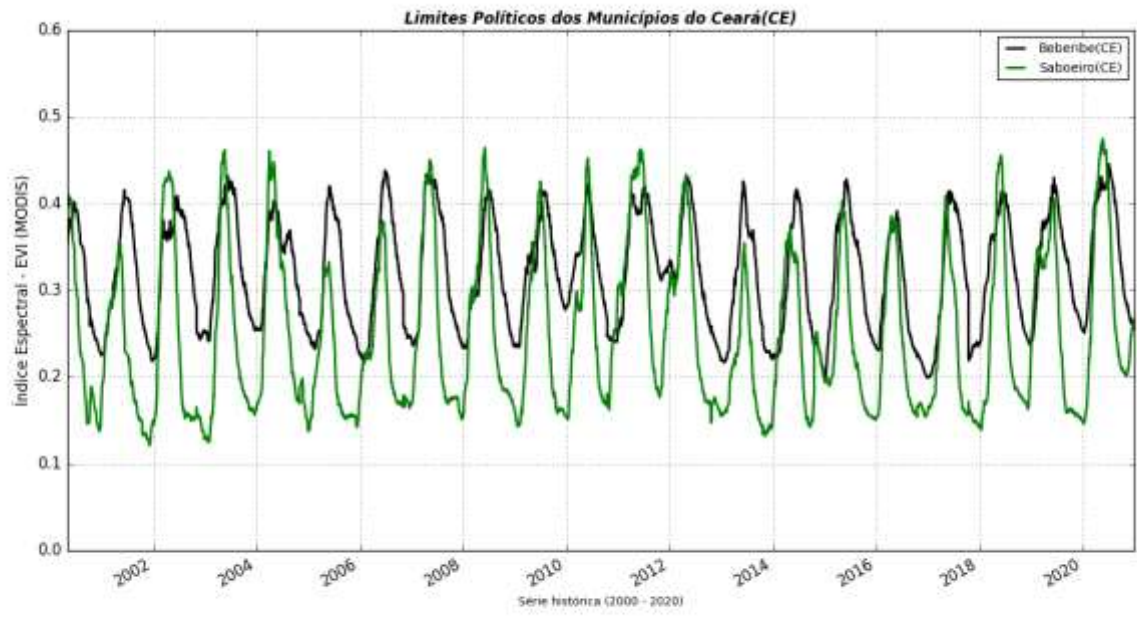
Os resultados para a série temporal EVI sinalizam uma alta atividade fotossintética da caatinga no período chuvoso e relativamente baixa no período seco (Gráfico 1). A caatinga em comparação com os outros biomas brasileiros é caracterizada por uma maior sazonalidade (Formigoni, 2011).

A caatinga possui particularidades quanto ao seu modo de lidar com as estações secas como modificações quanto ao seu ritmo biológico. Acúmulos de águas em seus tecidos e raízes, redução do tamanho das folhas e folíolos, espinescência, esclerofilia e emurchecimento das folhas (Alves, 2007).

Essa reação adaptativa aos períodos de secas por parte da vegetação da caatinga é bem caracterizada quando vemos o comportamento espectral do município de Saboeiro (CE), onde os valores mínimos no gráfico EVI podem indicar as perdas das folhas e absorção do conteúdo de água que possibilita a sobrevivência da vegetação por grandes períodos sem chuvas.

Por outro lado, pelo fato de Beberibe (CE) ter em seus limites diversas fitofisionomias correspondentes ao “Complexo Vegetacional da Zona Litorânea” a resposta espectral para o EVI os valores menores nas estações secas acabam sendo maiores ao compararmos apenas com a caatinga de Saboeiro (CE). Esses comportamentos podem indicar também que a evapotranspiração é maior nas estações secas em Beberibe (CE).

Gráfico 1: Série Temporal para o *Enhanced Vegetation Index* (EVI).



Fonte: Elaborado por autores a partir dos dados MODIS - TERRA.

Além disso, diferenças expressivas entre as amplitudes dos municípios estudados podem ser associadas aos fenômenos de maritimidade e continentalidade (Gráfico 2) uma vez que Beberibe (CE) por estar presente em uma região costeira no “Litoral de Fortaleza”, pode sentir influência da umidade e da precipitação originária do mar que influi em amplitudes menores em relação aos parâmetros EVI e LST. Por outro lado, Saboeiro (CE) por estar presente na “Região Central e Inhamuns”, que é mais ao interior do Ceará (CE), não é tão influenciada pela umidade e precipitação oriundas do mar. Como as regiões mais secas possuem de modo geral um calor específico

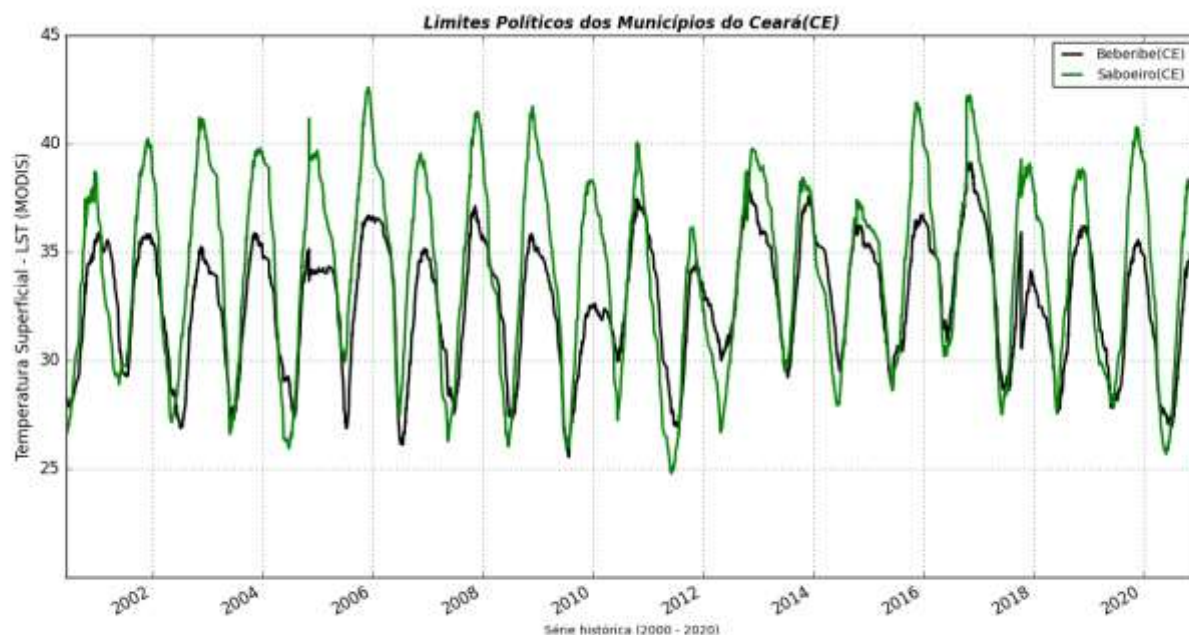
menor, as amplitudes de temperatura poderão ser maiores ao compararmos com as regiões úmidas.

As temperaturas superficiais mais altas na série histórica de 2000 a 2020 em Saboeiro (CE) podem explicar as quedas produtivas na agricultura nos últimos anos, segundo dados do SIDRA. Por ter temperaturas menores em Beberibe (CE), o oposto pode estar acontecendo no município litorâneo. Além de possuir um favorecimento climático regional em Beberibe (CE) para o desenvolvimento da agricultura, o incentivo financeiro aos agricultores por parte do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e o avanço da biotecnologia na agricultura pode ter beneficiado o crescimento da cajucultura no município, e por consequência, gerando um aumento consistente na produtividade.

Ao compararmos os dois parâmetros é possível constatar que o LST e o EVI apresentaram uma correlação negativa, isto é, na estação úmida o EVI apresentou os maiores valores enquanto que o LST os menores, o inverso ocorre na estação seca.

O gráfico LST além de representar a mesma interpretação ao gráfico EVI podem sinalizar também as modificações ambientais ocasionadas pelo El Niño (ENOS). Segundo Patrocínio (2008), os eventos mais intensos da ENOS coincidem com as secas mais expressivas no semiárido nordestino.

Gráfico 2: Série Temporal para o *Land Surface Temperature* (LST).



Fonte: Elaborado por autores a partir dos dados MODIS - TERRA.

O gráfico LST além de representar a mesma interpretação do gráfico do EVI pode sinalizar também as modificações ambientais ocasionadas pelo El Niño (ENOS).

Segundo Patrocínio (2008), os eventos mais intensos da ENOS coincidem com as secas mais expressivas no semiárido nordestino.

O período de 2012 a 2017 (Tabela 3) foi um período de seca prolongada sendo uma das piores secas já registradas da história. Ao observarmos o gráfico LST o aumento das temperaturas superficiais nas estações úmidas nessa faixa temporal coincide com a seca prolongada em ambos os municípios visto que apresentam a mesma tendência no período explicitado.

Tabela 3: El Niño-Oscilação do Sul

Anos de Secas
2001 - 2002
2005
2007 - 2008
2010
2012 - 2017

Fonte: Adaptado de Melo (2016) e Marengo et al.(2017).

É importante notar que na estação seca de 2016 teve-se o pico do LST e que no mesmo ano teve-se os menores valores de EVI na estação úmida em toda a série histórica analisada (2000 a 2020). Além disso, essas tendências apresentadas mostraram que Saboeiro (CE) apresentou magnitudes maiores nas estações secas ao compararmos com Beberibe (CE), dificultando assim, a agricultura no município mais ao interior do Estado do Ceará (CE). Outros anos de secas registradas no século XXI podem ser vistos de maneira sutil no gráfico LST seguindo essa mesma interpretação para a seca prolongada discutida anteriormente.

CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que há uma diferença expressiva entre a caracterização comportamental quanto às suas magnitudes em ambos os municípios. Beberibe (CE) por possuir uma menor influência das secas em relação aos parâmetros EVI e LST pode ter uma melhor condição climática ao compararmos com Saboeiro (CE). Não se pode comparar diretamente os dados do SIDRA com os parâmetros o que pode-se dizer que essa condição natural apoiada na evolução tecnológica no âmbito da agricultura com incentivos do PRONAF, podem ser as explicações do porquê do aumento para as áreas colhidas ao longo da série histórica do SIDRA (1980 - 2018) no município próximo à costa cearense.

Os gráficos gerados indicaram uma correlação negativa entre o EVI e o LST, ou seja, em períodos mais úmidos, o índice de vegetação apresentou valores maiores enquanto que a temperatura superficial apresentou valores menores. Além disso, as diferenciações fitofisionômicas também são bem demarcadas entre os dois municípios, Saboeiro (CE) por somente ter uma predominância florística proveniente da caatinga possui amplitudes maiores quanto ao gráfico EVI devido à reação da

vegetação quanto às secas que ao compararmos com o comportamento da vegetação predominante de Beberibe (CE) vemos amplitudes inferiores. Outra explicação para essas diferentes amplitudes pode estar relacionada aos fenômenos como maritimidade e continentalidade, onde o município costeiro pode apresentar amplitudes menores nas variáveis enquanto que o município mais ao interior apresentaram amplitudes maiores.

Esses dados, plotados em gráficos, indicaram também o que foi relatado no último relatório do IPCC (2021) em relação a maior ocorrência de eventos extremos de secas. Devido a essa problemática Esses parâmetros físicos, por sua vez, podem servir como dados complementares aos dados de pluviosidade para uma melhor caracterização das secas, mostrando também, que a redução das precipitações podem afetar todo o sistema do ciclo hidrológico local que por consequência altera os comportamentos de temperatura de superfície e o índice de vegetação.

A manipulação dessa quantidade massiva de dados ajudou a reduzir os ruídos ocasionados pelas coberturas de nuvens provenientes da ZCIT que quando deslocados ao continente podem falsear os valores atribuídos para determinados dias. Contudo essa pesquisa mostra a importância da manipulação de grandes quantidades de dados de sensoriamento remoto podem contribuir para o monitoramento no semiárido podendo auxiliar governos em tomadas de decisão em planejamento para fins de amenização de danos provenientes dos fenômenos climáticos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade que o Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais da UFRJ me concedeu para a elaboração desta pesquisa, cuja importância pode contribuir bastante para os estudos no semiárido nordestino. Sou grato também aos meus orientadores e demais autores que contribuíram muito para este trabalho, assim como agradeço o apoio emocional dos amigos e familiares nesse período tão complexo e difícil.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, AZIZ. OS DOMÍNIOS DE NATUREZA DO BRASIL: POTENCIALIDADES PAISAGÍSTICAS. 4. ed. São Paulo, Brasil: Ateliê Editorial, 2007. ISBN 978-85-7480-355-5.

ALVES, Jose Jakson Amancio. GEOECOLOGIA DA CAATINGA NO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO. CLIMEP. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, SP, v. 2, ed. 1, p. 58-71, Janeiro/Junho 2007.

BOMTEMPO, Denise Cristina; SILVA, Elder Batista da. CAJUCULTURA CEARENSE: A PRODUÇÃO FAMILIAR EM BEBERIBE - CE. Revista GeoNordeste, [s. l.], 2018. ISSN: 2318-2695

CASTRO, Antônio Sérgio Farias, Moro, Marcelo Freire e Menezes, Marcelo Oliveira Teles de O Complexo Vegetacional da Zona Litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante. Acta Botanica Brasilica [online]. 2012, v. 26, n. 1 [Acessado 8 Maio 2022], pp. 108-124. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100013>>. Epub 09 Maio 2012. ISSN 1677-941X.

<https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100013>.

COSTA, José de Araújo. O FENÔMENO EL NIÑO E AS SECAS NO NORDESTE DO BRASIL. Revista Científica do IFAL, [s. l.], v. 1, ed. 4, jan./jul. 2012.

FORMIGONI, Mileide de Holanda; XAVIER, Alexandre Cândido; LIMA, Julião Soares de Souza. ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO NA REGIÃO DO NORDESTE ATRAVÉS DE DADOS EVI DO MODIS: MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF NORTHEAST VEGETATION BY MEANS OF MODIS-EVI DATA. Ciência Florestal. v. 21, ed. 1, p. 1-8. Santa Maria, RS, 2011.

FUNCEME. Mapa Fitoecológico do Estado do Ceará. [S. l.: s. n.], 1994. Fitofisionomias. Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/15-Mapa_CE_Fltoecologico_A2.pdf. Acesso em: 25 maio 2022.

GIONGO, Vanderlise. Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Mudanças Climáticas e Sustentabilidade. In: DESERTIFICAÇÃO e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap. Balanço de carbono no semiárido brasileiro: Perspectivas e desafios, p. 115-130. ISBN 978-85-64265-02-8.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em Maio de 2022.

IPCC. Summary for Policymakers. Sixth Assessment Report, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

LEMOS, José de Jesus Sousa; BEZERRA, Filomena Nádia Rodrigues; FILHO, João da Costa; GURJÃO, Natália de Oliveira. AGRICULTURA FAMILIAR NO CEARÁ: EVIDÊNCIAS A PARTIR DO CENSO AGROPECUÁRIO DE 2017: Family Agriculture in Ceará: evidence from the 2017 agricultural census. Rev.Econ.NE. v. 51, p. 93-112. Fortaleza, CE, 2020.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.; AVALA, R.; BRITO, S.; MORAES, O. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. Anais da Academia Brasileira de Ciências. São Paulo 2017.

MELO, J. C..El Niño y las Sequías enel Nordeste de Brasil. Desastres Sociedad.v. 9, n.9 . Lima, Peru, 1999.

MELO, N. R. de. Todas as 130 secas registradas no espaço geográfico do semiárido do Nordeste do Brasil. Acesso em Fevereiro de 2021. Disponível em: <http://natalgeo.blogspot.com.br/2016/02/todas-as-128-secas-registradas-no.html>. Publicado em 22 de setembro de 2016.

NOBRE, Paulo. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro, Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, p. 25-35, 2011. ISBN: 978-85-64265-02-8.

OYAMA, M. D., C. A. NOBRE. 2003. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. Geophysical Research Letter, 30, 23, 2199

PATROCÍNIO, Severino Ferreira do. Previsão de secas para o Nordeste do Brasil. Fortaleza: Funceme, 2008

Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Ibge.gov.br. Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos. [S. l.], N/D. Disponível em:
<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>.
Acesso em: 20 out. 2021.

SOUSA, Marina Rocha de. IMPACTO DA SECA NAS PERDAS PRODUTIVAS DAS PRINCIPAIS LAVOURAS DE SEQUEIRO DO ESTADO CEARÁ. Orientadora: Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima. 2016. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Graduação do curso de Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2016.

WAN, Z., HOOK, S., HULLEY, G. (2015). *MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006* [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Accessed 2022-05-25 from
<https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A1.006>

O CLIMA DA CIDADE DE QUIXADÁ (CE) E A INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS URBANOS E *INSELBERGS* “MONÓLITOS”

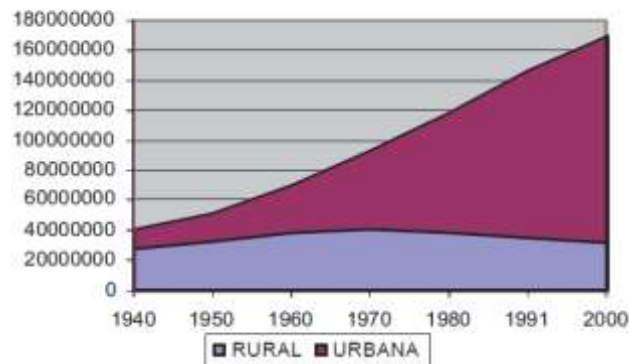
Jamila Gomes Camelo
Isorlanda Caracristi

INTRODUÇÃO

No contexto contemporâneo, segundo o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2020), 55% da população mundial vive em áreas urbanas e em 2050 deverá chegar a 70%. Percebe-se que a população mundial não está só aumentando, como também está buscando as cidades para residirem, uma vez que a cidade possui vários fatores atrativos, tais como: geração de emprego no setor comercial, industrial, serviços de saúde, educação, segurança, dentre outros.

No Brasil, as cidades brasileiras têm apresentado um crescimento acelerado a partir da década de 1960 em decorrência do processo de industrialização, precarização social no meio rural e mecanização da agricultura, intensificando as migrações campo-cidade, na busca por melhores condições de vida. Havendo como resultado o aumento da população urbana (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Brasil: População rural e urbana, 1940/2000



Fonte: IBGE, censos demográficos 1940, 1960, 1970, 1980 e 2000

No gráfico 1 verifica-se que até 1960 o crescimento da população urbana foi lento e após esse período as cidades brasileiras incorporaram cada vez mais pessoas, passando para 56% em 1970, 77% em 1991 e durante os anos 2000 cerca de 84% viviam nas áreas urbanas. Portanto, “[...] foi grande o impulso tomado pela urbanização a partir do pelo desenvolvimento da industrialização” (SPOSITO, 2000, p. 49)

O processo de urbanização brasileiro a partir da década de 1960 mostrou-se acelerado e desordenado, ou seja, sem planejamento, pois a expansão urbana e o aumento populacional são pensados em conjunto.

[...] na maioria dos casos, esse processo ocorre a partir de um planejamento inadequado, gerando assim, um crescimento desordenado, acompanhado da falta de infraestrutura capaz de garantir a mínima qualidade ambiental (UEGEDA JÚNIOR, 2011, p. 28)

Refletindo o modo capitalista tardio dos países subdesenvolvidos, as paisagens urbanas brasileiras passam a resultar do uso demasiado e predatório dos sistemas naturais, ocasionando inúmeros problemas socioambientais urbanos e periurbanos, que impactam diretamente a qualidade de vida da sociedade, sendo, inclusive, alvos de estudos e investigações científicas, além de serem destaques na mídia os fenômenos cada vez mais presentes, como ilhas de calor, enchentes urbanas, poluição hídrica e atmosférica, entre outros (GOMES & CARACRISTI, 2021).

Tais fatos, fizeram com que a ciência brasileira tenha se dedicado a pensar no planejamento e gestão urbana com base científica e ambientalmente fundamentados na conservação/recuperação ambiental e na qualidade de vida das populações associadas ao desenvolvimento econômico, principalmente após a deflagração do fenômeno mundial do aquecimento global e seus rebatimentos regionais e locais. Nesse sentido, os estudos climáticos tornaram-se importantes, não apenas no que se refere ao clima das grandes metrópoles, mas também às das pequenas e médias cidades, onde há forte interação entre o campo e a cidade (MUNIZ & CARACRISTI, 2021).

O clima urbano desenvolve a partir do processo de uso e ocupação do solo, ao passo que são usados materiais com diferentes propriedades radiativas, causando alterações no balanço de energia. Assim sendo, “[...] são detectadas diferenças térmicas intraurbanas decorrentes dos fatores físicos, mas principalmente em função das características do uso e da ocupação do solo no ambiente interno da cidade” (AMORIM, 2011, p.135).

A partir de 1960, principalmente sob influência dos estudos de Carlos Augusto Monteiro (1976), as pesquisas climáticas geográficas passaram a registrar a influência de trabalhos de cunho local e regional. Monteiro, trabalhou na perspectiva da relação clima-espaco geográfico, sugerindo estudos voltados aos espaços urbanos: Sistemas de Clima Urbano (SCU), que se constitui enquanto referência nacional na análise geográfica dos estudos climáticos relacionados aos impactos urbanos.

O sistema clima urbano visa compreender a organização climática peculiar da cidade, sendo este centrado na atmosfera como operador do mesmo. Este, por sua vez, é um conjunto complexo e estruturado de forma dinâmica e integrada. É importante destacar que fenômenos sociais e econômicos mantêm relações invisíveis nos espaços e não são considerados como operantes do SCU, mas, contribuem para aumentar o dinamismo e a complexidade da cidade, como afirma Monteiro, (1976):

“Aumento de capitais e de população nas cidades não podem ser considerados fluxos de energia do S.C.U, mas inevitavelmente os elementos internos do núcleo são aumentados pelo volume do aglomerado humano, pelo número de edificações e viaturas decorrentes refletindo-se na estrutura do S.C.U. (Monteiro, 1976. P 119.).”

Partindo do pressuposto de que a cidade é o espaço de interações entre o homem e a natureza, o estudo do clima pressupõe um esquema de inter-relações entre a atmosfera e (tudo que não é atmosférico). Logo, a heterogeneidade do uso e ocupação do espaço urbana possui capacidade de alterar o clima da cidade.

O subsistema termodinâmico pensado e introduzido na metodologia SCU de Monteiro (1976), foi aplicado para a análise comparativa entre pontos distintos da cidade, usando a escala local em consequência do contexto ao qual a cidade em pesquisa está inserida. A gênese dos processos observados nessa escala são os aspectos geocológicos (relevo, altitude, vegetação, *inselbergs* intraurbanos e hidrografia) e os elementos geourbanos expressos pelo uso e ocupação do solo, como construções, asfalto, falta de vegetação, queimadas, dentre outros.

Desse modo, a partir do referencial teórico e metodológico proposto por Monteiro (1976), inúmeros trabalhos foram desenvolvidos no Brasil em cidades de grande, médio e pequeno porte, com destaque para: Mendonça (1994) em Londrina/ PR, Amorim (2000;2020) em Presidente Prudente/SP, Viana em (2006) em Teodoro Sampaio/SP, dentre outros.

O crescente número de trabalhos sobre clima urbano no Brasil e no mundo se concentrou durante muito tempo em cidades de grande porte, no entanto, observa-se que esse cenário vem mudando ao passo que ocorre à interiorização e ampliação dos cursos de pós-graduação em Geografia (MUNIZ, BRITO e CARACRISTI, 2020). Trabalhos que antes se concentravam nas capitais do sul e sudeste do país, com raras exceções, se expandiram para outras regiões, sobretudo, estudos de pequenas e médias cidades. Isso se justifica pelo fato de que nas pequenas e médias cidades também houve transformação e alteração do ambiente natural, proporcionando problemas ambientais e aquecimento da atmosfera urbana devido às diferentes formas de uso e ocupação, como é o caso da pequena cidade de Quixadá, localizada no Sertão Central Cearense.

Empiricamente, tem se observado em Quixadá um processo de urbanização sem planejamento socioambiental, o que vem desencadeando impactos que alteram as características ambientais locais de forma degradadora (Imagens - 1 e 2), pois o crescimento do seu contingente populacional vem gerando no sítio urbano uma maior impermeabilização do solo, concentração de construções, implantação de novos loteamentos, retirada da vegetação, alterações nos sistemas hídricos, que impactam diretamente nos fluxos de energia e matéria e, conseqüentemente, no clima local.

Após levantamentos executados nos acervos dos departamentos de Geografia das universidades cearenses, não se verificou pesquisa climática voltada à cidade de Quixadá, mesmo sendo um importante centro urbano do sertão do Ceará e possuir peculiar contexto físico-natural e ambiental: a cidade está assentada longe do litoral, em pleno sertão, e é permeada por afloramentos rochosos popularmente conhecidos como monólitos.

Essas peculiaridades ambientais físico-naturais associadas à importância socioeconômica de Quixadá e aos processos de crescimento populacional e conseqüente degradação ambiental, assim como à carência de estudos na área climática que envolvam a área, formam um contexto geográfico que desperta grande interesse e importância social e científica e que justificam a presente pesquisa voltada

à investigação da relação entre clima urbano, características socioespaciais e a influência de aspectos geoambientais.

Neste sentido, este artigo, fruto de pesquisa em andamento, tem como objetivo contribuir com as pesquisas climáticas de pequenas cidades do semiárido brasileiro, tendo como objeto de estudo a cidade de Quixadá (CE) e seu entorno, e como foco das análises a relação entre os parâmetros locais de temperatura e umidade relativa do ar e os elementos geocológicos intraurbanos com ênfase na presença de *inselbergs*.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Quixadá se localiza no Sertão Central do estado do Ceará (Figura 1), distando 147 km em linha reta da capital Fortaleza. Enquadrando-se na classificação de pequena cidade (IBGE, 2010). E segundo o último censo demográfico em 2010, possuía 80.604 habitantes, com estimativa de chegar a 88.899 habitantes em 2020, sendo que desse total 56.422 ou seja, 71% reside na área urbana.

Figura 1 – Localização do município e da cidade de Quixadá – CE e dos pontos de coletas de dados



Fonte: IBGE, COGERH e IPECE. Elaborado por Ribeiro (2022).

A cidade de Quixadá foi elevada à categoria de cidade através da lei Provincial nº 2.166 de 17 de agosto de 1889 (IBGE, 2013). Quixadá teve por muito tempo a cultura algodoeira como a principal atividade econômica, inclusive uma série de indústrias foram instaladas na época, contribuindo para o processo de industrialização e consequentemente para o crescimento populacional quixadaense.

Atualmente Quixadá se constitui em importante polo social e econômico do sertão central cearense, polarizando o comércio e os serviços da região, compondo uma das principais cidades da Microrregião do Sertão de Quixeramobim e da Mesorregião dos Sertões Cearenses.

A sua posição latitudinal se insere na faixa climática tropical, próxima ao Equador, região que mais recebe a incidência dos raios solares, caracterizando-se por possuir clima tropical quente semiárido.

A temperatura média anual que varia entre 26º a 28ºC, a média pluviométrica é de 800 mm anuais, e as chuvas se concentram no primeiro semestre do ano, entre os meses de fevereiro a abril (quadra chuvosa), período em que ocorre a maior porcentagem das precipitações (CEARÁ, 2021).

Uma das características observadas no regime climático de semiaridez é a irregularidade pluviométrica (CPRM, 2014).

MATERIAIS E MÉTODOS

O referencial teórico-metodológico desta pesquisa parte, principalmente, da proposta do Sistema Clima Urbano (S.C.U.) de Monteiro (1996), dos estudos de sobre topoclima de Ribeiro (1990), da concepção de cidades pequenas proposta pelo IBGE (2010) e dos estudos de caso sobre clima urbano de pequenas e médias cidades no contexto semiárido brasileiro de Gomes & Caracristi (2020b e 2021) e Muniz & Caracristi (2015).

Os procedimentos metodológicos do momento, referem-se aos passos da pesquisa:

- a) Levantamento e revisão bibliográfica tanto dos aspectos teóricos como metodológicos e técnicos, tendo como referência norteadora os pressupostos de Monteiro (1976), com foco para o canal térmico do S.C.U., onde características socioespaciais e atividades socioeconômicas são consideradas elementos geourbanos e os aspectos físico-naturais e (geo)ambientais integram o conceito de elementos geoecológicos;
- b) Visitas de reconhecimento da área e determinação dos pontos de produção/coleta de dados;
- c) Trabalhos de campo: observação e registros dos aspectos socioambientais relevantes ao estudo; instalação de postos de coleta de dados (PCD's) em pontos representativos da diversidade urbana e geoambiental; produção de dados primários de temperatura do ar e umidade relativa do ar inicialmente nas duas estações representativas da sazonalidade climática da região, período seco (segundo semestre do ano) e chuvoso (primeiro semestre do ano);
- d) Levantamento de dados climáticos regionais e locais junto aos órgãos/instituições de meteorologia como Fundação Cearense de Recursos e Hídricos e Meteorologia (FUNCEME) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);
- e) Sistematização dos dados da primeira etapa (dados do período seco), elaboração inicial de gráficos e análises.

A produção de dados climáticos referentes à temperatura do ar e umidade relativa do ar foram provenientes dos termo-higrômetros *datalogger* digitais modelo HT- 4010. O *datalogger* da Icel pode armazenar até 12.700 registros dentre eles: Temperatura a -40°C a 105 °C, umidade relativa de 0% a 100% e pressão atmosférica de 10 a 1200 Mbar. Sua interface é USB com software para computadores e tablets, com ciclo de memória de 1s a 24h. A fonte de alimentação é bateria de 3,6V. A margem de erro na medição é de 1 a 3%, dependendo da qualidade do instrumento (imagem – 4).

Os miniabrigos (abrigos microclimáticos) utilizados para alocação do equipamento foram construídos pela pesquisadora (imagem - 3), conforme Gomes & Caracristi (2020a), optou-se pelo Policloreto de Vanila (PVC), pois conforme o Amorim et al. (2015) o PVC não sofre tanta influência como ocorre por exemplo, com a madeira. Além de ser encontrado na cor branca, fato que proporciona melhor reflexão da energia solar. Optou-se por esse tipo de miniabrigo por ser de fácil aquisição, menor valor aquisitivo e facilidade de deslocamento. Também se utilizou receptores GPS, a fim de marcar as coordenadas geográficas e a altitude dos pontos selecionados para análise.

Para tanto, foram instalados quatro postos com abrigos microclimáticos de PVC contendo internamente um *datalogger* em quatro pontos representativos da diversidade urbana e geoambiental. Essa metodologia seguiu os critérios definidos por Oke (2006) e Muniz & Caracristi (2015), os abrigos foram posicionados sob a maior exposição solar e uma altura de 1,5 metros em relação ao solo (imagem - 5).

Com o objetivo de se compreender as variações termohigrométricas ao longo do dia, em diferentes pontos da cidade de Quixadá, a produção/coleta de dados climáticos foi realizada em ambientes externos (imagens - 5 e 6), os aparelhos foram instalados com antecedência em relação ao início da coleta, sendo monitorados nos horários de 00:00 às 23h do dia 20 a 25 de julho de 2021, contemplando alguns bairros da cidade e atingindo áreas de adensamento populacional, ambiente fluvial e *inselbergs*.

Figura - 2: Fotografias do trabalho de campo



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Características de uso e ocupação do solo urbano onde foram instalados os sensores fixos

- Ponto de Coleta Dados (PCD) 01**
 Secretaria de educação, situada no centro da cidade. Possui vias totalmente pavimentadas, com pouca vegetação e a paisagem é marcada principalmente pela presença de residências, comércio e escolas que impulsiona o fluxo de pedestres e veículos automotores.
- Ponto de Coleta Dados (PCD) 02**
 Escola situada no centro da cidade que fica ao sopé do afloramento rochoso do Cruzeiro (*inselberg* do Cruzeiro), tem ruas completamente pavimentadas, sem muitas árvores, com presença de pontos comerciais, bancos e autônomos que reflete numa maior movimentação de pedestres e veículos.
- Ponto de Coleta Dados (PCD) 03**

Topo do *inselberg* do Cruzeiro, situado na área limítrofe dos bairros centro, Herval e campo velho, a 247 metros de altitude. O *inselberg* é popularmente conhecido como “pedra do Cruzeiro” e recebe visita de moradores e trilheiros, contém pouca vegetação e rocha que se mantém exposta ao sol ao longo do dia.

- **Ponto de Coleta Dados (PCD) 04**

Situado em área de ambiente fluvial, sem pavimentação, com presença de poucas residências, rodeado de vegetação arbustiva e por afloramentos rochosos.

A produção dos dados de temperatura e umidade relativa do ar da cidade de Quixadá, referente ao período seco, foi realizada no dia 22 de julho de 2021, e teve duração de 24h. Após as coletas de dados dessa fase, referentes à estação seca, foi feito o tratamento de dados, elaboração de gráficos, tabelas e interpretações parciais dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados preliminares referentes aos parâmetros climáticos de temperatura e umidade relativa do ar, registrados durante o dia 22 de julho de 2021, referem-se à estação pós-período chuvoso (transição para a estação seca, propriamente dita) e foram os seguintes:

PCD1: Nos gráficos 1 e 2 a temperatura máxima encontrada foi de 41,8°C, às 16h e a mínima 22,8° C às 04h. A temperatura média foi de 30,5°C e umidade mínima foi de 28,2 %, também às 16h. Desse modo, depreende-se que o Centro da cidade, por ter um maior fluxo de veículos automotores, pedestres, solo impermeabilizado e a presença de construções e pouca vegetação, houve um acúmulo de calor, de modo que a temperatura do ar se elevou durante o final da manhã e início da tarde. Destaca-se a baixa umidade encontrada, fato que chama atenção para o desconforto e alteração na qualidade de vida da população.

PDC2: A temperatura máxima encontrada foi de 41°C, às 15h e mínima de 22,8°C. A média foi de 30,5°C. As temperaturas do PDC-2 se assemelham ao PDC-1 por estarem sobre as mesmas condições geourbanas, no entanto, por estar mais ao sopé do *inselberg* da pedra do Cruzeiro, tem peculiaridades e apresenta pequenas variações na temperatura.

PDC3: A temperatura máxima registrada foi de 37,9°C e a mínima 22,4°C, conseqüentemente por estar a 247 metros de altitude, apresentando as menores temperaturas em relação aos PDC-1 e PDC-2 e maior umidade relativa, com a média de 60,9%, devido estarem em ambientes geocológicos e geourbanos diferentes.

PDC4: A temperatura máxima encontrada foi de 35,9°C e a mínima 22,3°C. A média 28,2°C e umidade média de 67,7%. Este foi o PDC que apresentou as menores temperaturas em relação aos demais pontos em que foram realizadas as coletas de dados. Entende-se que as características geocológicas e geourbanas são responsáveis por estas variações, assim como a presença do corpo hídrico da lagoa do Euripedes. É importante ressaltar que as temperaturas do PDC-3 e PDC-4 são bem semelhantes, mesmo estando em ambientes distintos.

ANÁLISE PARA O DIA 22/07/2021

Gráfico 01: Temperaturas máxima e mínima.

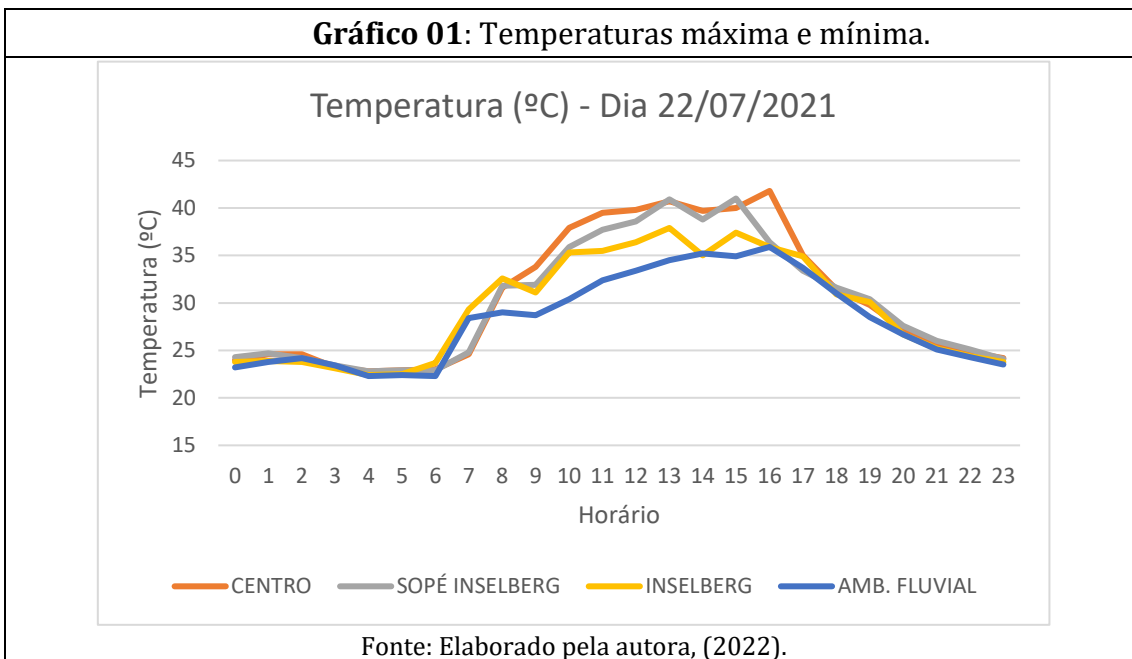
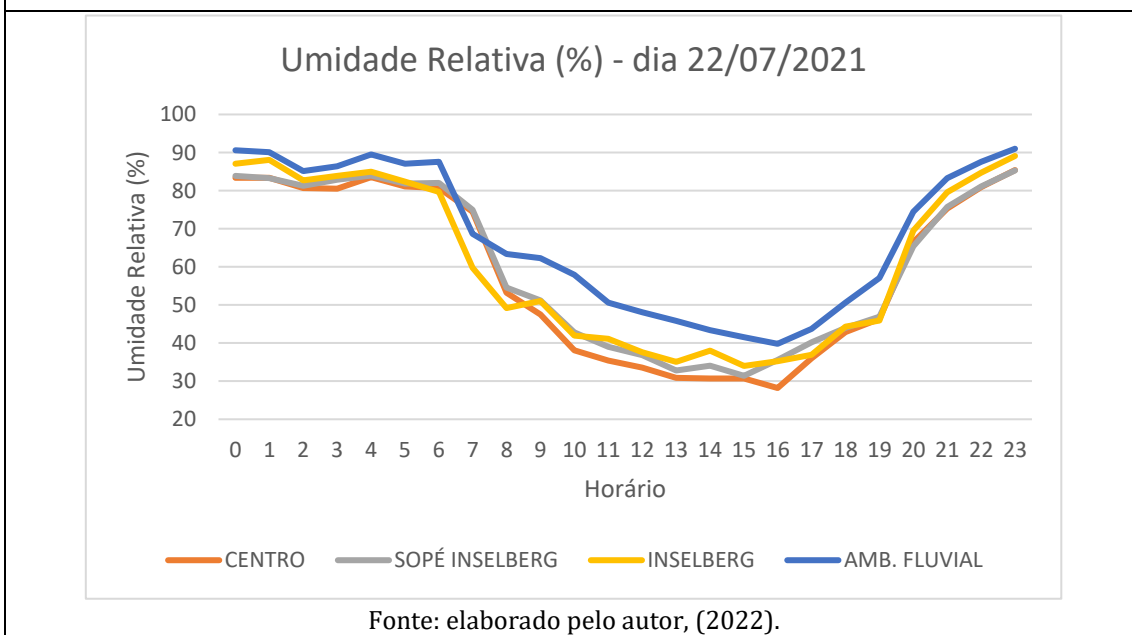


Gráfico 02: Umidade relativa .



Desse modo, pode-se verificar que os processos geourbanos da cidade de Quixadá desencadeiam alterações nos parâmetros climáticos, intensificando o aumento das temperaturas em espaços urbanos centrais, onde o solo é completamente impermeabilizado, as construções civis se destacam na paisagem e contribuem para esse aumento da temperatura.

De modo inverso, ocorre nas áreas mais verdes próximas aos corpos hídricos, a diminuição das temperaturas e a umidade aumenta. Assim como também é perceptível que os *inselbergs* urbanos também influenciam na temperatura em média 1,1 °C de diferença em relação ao centro da cidade, mesmo que sua altitude não sendo

expressivamente elevada a umidade relativa do ar é maior, como se pode observar nos gráficos acima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima urbano se constitui como um elemento fundamental para a qualidade de vida das pessoas que vivem nas cidades, pois os ambientes construídos propiciam sérias mudanças no balanço de energia do S.C.U. Os elementos climáticos observados que mais sofrem interferência com a ação antrópica são a temperatura e umidade relativa do ar.

Com base nas informações apresentadas nos resultados e discussões parciais, podemos constatar que o clima da cidade de Quixadá apresentou variações microclimáticas, identificando-se diferenças na temperatura e umidade relativa do ar nos PCD's instalados em ambientes geourbanos e geoambinentais diferentes.

Constata-se também que no ponto de coleta onde foi registrada a maior temperatura, no Centro da cidade, não possui a presença de arborização significativa, o solo é impermeabilizado e a presença de materiais construtivos, fluxo de veículos e pedestres, ou seja, os elementos geourbanos que compõem a cidade, contribuem para que o fluxo de calor seja maior nesse ponto, assim como no PD-2 ao sopé do *inselberg*, pois se insere dentro das mesmas características geourbanas.

Como medida mitigadora, é proposto que o poder público repense o modelo de ocupação de uso e solo, que proponha um plano de arborização da cidade, pois segundo Gartland (2010), as árvores e a vegetação trazem muitos benefícios às comunidades, inclusive a melhoria do conforto térmico, redução de consumo de energia elétrica para climatização, retirada de dióxido de carbono (CO₂) do ar, redução da poluição do ar e redução de enchentes. (GARTLAND, 2010, p.136). Também se propõe a substituição da pavimentação, pois o asfalto possui 92% de emissividade e baixa reflectância não sendo ideal para a cidade de Quixadá pois a mesma já se encontra inserida dentro de um ambiente semiárido com altas temperaturas ao longo do ano.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos as contribuições da orientadora Isorlanda Caracristi, ao Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC), ao grupo de estudos de sistemas climáticos e análise ambiental das Paisagens semiáridas (SISCAPS). E o apoio e suporte do Professor Mailton Nogueira IFCE- Quixadá durante as coletas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. Curitiba: Appris, v. 1. 2020. 161p.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Quixadá**. 2021. Disponível em:
<http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>.
Acesso em: 2 abri. 2022.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**; tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos 2010.

GOMES, Y. B.; CARACRISTI, I. Seasonal analysis on land surface temperature (LST) and normalized difference vegetation index (NDVI) variations in the Iguatu semi-arid hinterland, Ceará. **International Journal of Hydrology (IJH)**, v. 01, p. 289-294, 2021.

GOMES, Y. B.; CARACRISTI, I. . Proposal of Meteorological Minishelter as a Subsidy for Research and Teaching of Climatology. **International Journal of Humanities and Social Science (ONLINE)**, v. 10, p. 94-100, 2020a.

GOMES, Y. B.; CARACRISTI, I. Clima urbano e percepção térmica dos moradores das pequenas cidades do semiárido: uma análise da cidade de Forquilha (CE). **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 13, p. 67-81, 2020b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

LIMA, Roberto Jarllys Reis, et al. "**Relação Entre O Relevo E O Uso Da Terra Do Município de Quixadá -- Ceará.**" *Espaço Aberto*, vol. 6, no. 2, 7 Dec. 2016, pp. 73-88,

revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/7645,10.36403/espacoaberto.2016.7645. Accessed 30 Set 2021.

MUNIZ, Fco. Gerson L.; BRITO, Jamersson F. R.; CARACRISTI, Isorlanda. **Os estudos de clima urbano de pequenas e médias cidades do nordeste brasileiro**. João Pessoa, Anais do XIV SBCG, 2021, p. 245-559.

[MUNIZ, F. G. L.](#); CARACRISTI, I. . Análise da variação da temperatura e umidade no período de pré-estação chuvosa na cidade de Sobral/CE. **Research, Society and Development**, v. 10, p. 1-14, 2021.

[MUNIZ, F. G. L.](#); [CARACRISTI, I.](#) . Urbanização, conforto térmico e análise sazonal microclimática da cidade de Sobral (CE). **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 17, p. 04-17, 2015.

MONTEIRO C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, IGEOG/USP, 1976, 181p

RIBEIRO, A. G. **Radiação solar**. Maringá: departamento de geografia da Universidade estadual de Maringá, 1990.

UGEDA Júnior, J., & AMORIM, M. (2016). **Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas**. *Revista Do Departamento De Geografia*, (spe), 160-174.

<https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.119402> Acesso em: 20 Mar.2022.

ANÁLISE DAS TSM DO ATLÂNTICO E PACÍFICO INFLUENCIANDO NOS VALORES PLUVIOMÉTRICOS DE MUCAMBO (CE) NO ANO DE 2021

João Rodrigues de Araujo Júnior
Isorlanda Caracristi

INTRODUÇÃO.

O clima é um dos elementos componentes do ambiente que mais interfere na vida do ser humano. Atualmente, com o desenvolvimento de tecnologias e de conhecimentos, as condições climáticas presentes no espaço deixaram de ser totalmente determinantes para o potencial de desenvolvimento de uma sociedade, pois o desenvolvimento se dá de acordo com o nível e quantidade de recursos técnicos e financeiros à disposição da mesma. Tem-se como exemplo recente o Estado de Israel, que por meio de uma matéria divulgada pela emissora CNN BRASIL em 23 de julho de 2021, observou-se a forma como o problema de estiagem é enfrentado por meio de ações técnico-científicas. Devido ao período de seca intensa de quatro anos e para amenizar esse problema, uma das medidas usadas por Israel foi ionizar as nuvens por meio de *drones*, fazendo assim que ocorresse a precipitação pluviométrica.

Porém, recursos como estes não estão à disposição de grande parte de governos e populações do mundo. De acordo com uma pesquisa publicada na emissora CNN BRASIL (2021), realizada pela Universidade de Maryland (EUA), as mudanças climáticas em regiões tropicais estão cada vez mais intensas e gerando uma série de problemas socioambientais e econômicos, afetando principalmente as classes ou grupos sociais mais pobres, incluindo prejuízos na área da educação.

Isso se agrava se levarmos em consideração que os países presentes em áreas de clima tropical, majoritariamente, são países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, e estes não têm recursos e nem estruturas para sanar as intempéries provenientes das variações e mudanças climáticas. Cria-se um ciclo constante, pois o clima afeta o desenvolvimento dos países pobres das regiões tropicais e assim, continua um quadro de subdesenvolvimento e vulnerabilidade climática. Esse quadro se agrava mais severamente quando se trata de regiões semiáridas, como a do nordeste brasileiro, que apresenta grandes desigualdades sociais e sérios problemas de degradação ambiental, principalmente quando nos referimos aos municípios e distritos rurais do sertão, como é o caso de Mucambo, situado na região noroeste do Ceará (Figura 1).

Nesse contexto, a melhoria da eficiência de técnicas e tecnologias de previsão meteorológica se faz muito útil, pois permite prognósticos mais assertivos, possibilitando ações que previnem ou mitiguem as consequências geradas por eventuais secas ou chuvas vultosas padrão histórico, afetando especialmente as populações mais vulneráveis e suscetíveis a desastres em decorrência dos eventos anormais e extremos do clima.

Figura 1 - Localização do município de Mucambo.



Fonte: IBGE, 2010.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A respeito dos procedimentos metodológicos empregados neste trabalho, foram iniciadas com uma revisão bibliográfica referente às análises das temperaturas superficiais do mar (TSM) voltadas aos oceanos Atlântico e Pacífico, incluindo estudos climáticos sobre o semiárido brasileiro, como os de autoria de José A. Marengo e Lincoln M. Alves, além de leituras de trabalhos de autores como Serra (1941), Pereira Júnior (2007), Montenegro e Ragab (2012), Hastenrath (1984), Ropelewski e Halpert (1987;1989), Xavier (2001) e Xavier et al. (2003).

A contextualização do município de Mucambo em seus aspectos físico-territoriais e populacionais foi obtida por meio de pesquisa no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica do Ceará (IPECE). No que concerne aos dados climáticos, estudos técnicos e prognósticos acerca do regime pluviométrico no ano de 2021, recorreu-se a informações presentes no Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) e no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Técnicos (CPTEC) e na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Os dados foram trabalhados de uma forma integrada, com base em análise dos índices pluviométricos e em um enfoque genético dos sistemas atmosféricos e tele conectivos, a dinâmica das massas de ar sobre os oceanos Pacífico e Atlântico, em decorrência de anomalias em suas temperaturas superficiais, que influenciaram as condições climáticas na região semiárida no referido ano. Foi muito importante a

análise dos dados referente às médias de precipitação, índice de aridez e a classificação com base nesses dados. Ademais, foi realizada a construção de um climograma para melhor analisar a distribuição e os volumes pluviométricos registrados ao longo do ano.

CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Mucambo está localizado a 03° 54 '34 `` sul e a 40° 44' 48" oeste. A sua população é de 14.549 habitantes (IBGE, 2020), distribuídos numa área de 192,190 km², apresentando um relevo com altitude média de 170 metros. Possui taxa de escolarização de 98,6% entre a faixa etária de 5 a 14 anos de idade, porém, possui mortalidade infantil de 12,66 e um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de apenas 0,607, situação que se agrava nas populações rurais.

Contendo três distritos: A sede, Carqueijo e Poço Verde. Na questão geoambiental, o relevo é caracterizado por apresentar tabuleiro pré-litorâneo, planície fluvial, e majoritariamente a depressão sertaneja. Os solos se apresentam como Solos Litólicos, Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo. A vegetação característica no município apresenta a Caatinga Arbustiva Aberta, Florestas Caducifólia Espinhosa e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (IPECE, 2009).

O clima se caracteriza por ser tropical Sub-úmido Seco, com um índice de aridez de 52,45. O índice pluviométrico médio de 965,5 mm anual, tendo, em contrapartida, uma média de evapotranspiração atingindo valores de 1861,78 mm anuais, calculada a partir de valores registrados no período de 1974 a 2016, registrados em 17 postos pluviométricos (FUNCEME, 2017). As temperaturas médias anuais variam entre 26°C e 29°C, e o período de estiagem concentra-se no segundo semestre, com mais de sete meses secos, com redução drástica da umidade relativa do ar, que fica abaixo de 40%, segundo a FUNCEME.

A SAZONALIDADE NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

A região do semiárido brasileiro (Figura 2) corresponde a uma área de 98.563 km², representando 11,5% do território do país (IBGE, 2019). Os critérios para a definição de áreas semiáridas podem apresentar variações em seus valores determinantes. Segundo a FAO (1989), as regiões semiáridas apresentam índice de aridez entre 0,20 e 0,50, e chuvas médias anuais entre 300 e 800 mm.

No Brasil, a delimitação da região semiárida foi baseada em três critérios técnicos: (I) Precipitação pluviométrica anual inferior a 800 mm; (II) Índice de aridez de até 0,50, calculado a partir de uma série de dados históricos (1961-1990); (III) Risco de seca maior que 60% (PEREIRA Júnior, 2007).

Mesmo com esses diferentes fatores na forma e classificação de regiões semiáridas, a chuva é a variável universalmente comum para classificar os climas predominantes em uma dada porção do espaço. O semiárido brasileiro se caracteriza por apresentar o maior nível de variabilidade espacial e temporal das chuvas, apresentando os valores mais extremos do país em diversos parâmetros meteorológicos: a maior taxa de insolação (2.800 horas por ano), as mais altas médias térmicas (entre 23°C e 28°C), as mais elevadas taxas de evaporação (2.000 mm anuais) e os mais baixos índices pluviométricos, variando entre 500 e 800 mm anuais de modo geral (OLIVEIRA et al., 2006, ALTHOFF et al, 2006).

As ofertas de recursos naturais tais como água, nutrientes do solo e biomassa das plantas, passam por períodos de alta e baixa abundância, ligadas ao período de seca e de chuvas. Assim, a sazonalidade do clima é um fator determinante para a dinâmica natural do semiárido (CARACRISTI, 2006)

Figura 2 - Mapa do semiárido brasileiro.



Fonte: EMBRAPA, 2018.

Os períodos de maior abundância ocorrem na época chuvosa, que supre a demanda dos processos biológicos, podendo gerar até reserva hídrica para o período de estiagem (CARACRISTI, 2006). Porém, em períodos de secas ocasionais, ocorre o colapso desses processos, devido à escassez anormal de chuvas, gerando grande déficit hídrico no solo e nos reservatórios naturais e artificiais de água.

As chuvas irregulares e pouco frequentes, as altas temperaturas, os períodos de estiagem e as mudanças de uso da terra adicionam mais complexidade à hidrografia das regiões semiáridas (MONTENEGRO; RAGAB, 2012). Em vista disso, podemos perceber que a alta variabilidade espaço-temporal e a sazonalidade pluviométrica marcam o regime hidrográfico do semiárido: anos com índices de chuvas acima da média, acarretando enchentes, alagamentos e impactos socioeconômicos aos

municípios, e mais frequentemente, anos com índices abaixo da média histórica, acarretando secas intensas e, conseqüente, danos socioambientais.

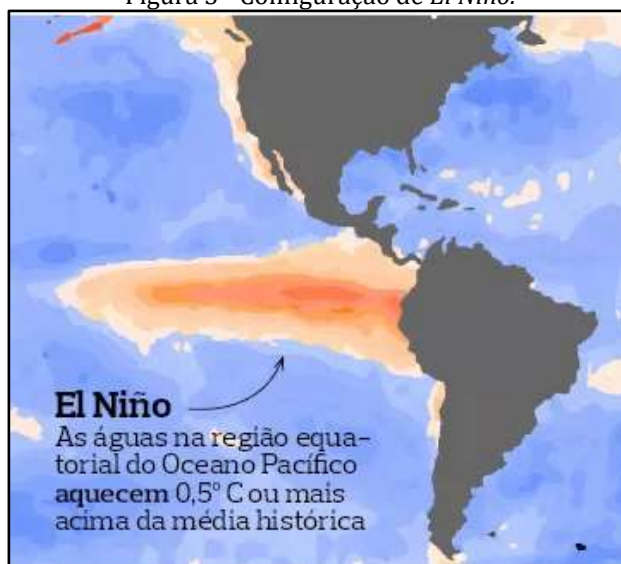
A variabilidade interanual da pluviometria nessa região está associada a anomalias nos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre as áreas dos oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical, que afetam a posição e a intensidade da zona de convergência intertropical (ZCIT), sobre o oceano Atlântico (Hastenrath, 1984; citado por Nobre e Melo, 2002).

Anomalias No Oceano Pacífico

O Oceano Pacífico é o maior oceano do planeta. Assim, qualquer mudança nas temperaturas de suas águas pode aumentar ou diminuir a evaporação, gerando um volume anormal de energia na atmosfera e, por conseqüência, mudanças no volume de chuvas na porção continental, próximas à região equatorial, justamente onde o semiárido se localiza. Dos fenômenos que ocorrem neste oceano, os que mais afetam o regime pluviométrico no semiárido são o *El Niño* e a *La Niña*.

O *El Niño* (Figura 3) é um fenômeno caracterizado pelas alterações dos padrões normais da TSM, sendo o aquecimento da mesma, e aumento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, na porção entre a costa peruana e o pacífico oeste. Esse fenômeno altera o clima regional e global, mudando os padrões de vento em nível mundial e afetando os regimes pluviométricos em regiões tropicais e nas áreas de latitudes médias. Nos anos em que ocorre o *El Niño*, devido ao aquecimento da porção oeste do Pacífico, a pressão nessas áreas tende a apresentar valores mais baixos no respectivo oceano. Em paralelo, há um aumento da pressão nas regiões tropicais.

Figura 3 - Configuração de *El Niño*.



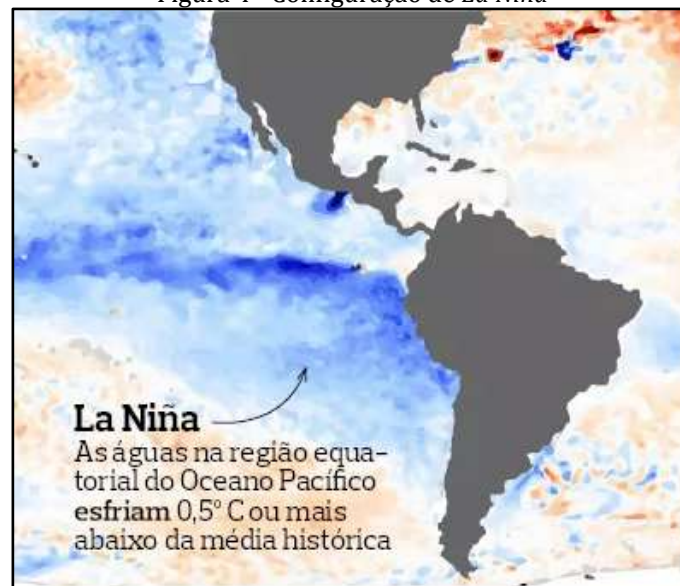
Fonte: Globo Rural, 2018.

A baixa pressão e os movimentos ascendentes acelerados e o calor latente de condensação no processo de formação das nuvens modificam a circulação geral da Célula de *Walker*, gerando movimentos descendentes em outras partes da atmosfera

tropical, que acarretam em quedas nos índices pluviométricos. Entre essas regiões afetadas está o semiárido brasileiro.

Já a *La Niña* (Figura 4), caracteriza-se por ser um fenômeno oposto ao *El Niño*, sendo marcado por um esfriamento anormal das águas da porção superficial do Pacífico Equatorial, conseqüentemente, a formação de chuvas na porção do semiárido brasileiro se torna mais acentuada. De certa forma, os episódios de *El Niño* e de *La Niña* podem ser caracterizados como cíclicos, porém, não apresentam um período estritamente regular, não tendo um padrão preciso de suas ocorrências.

Figura 4 - Configuração de *La Niña*



Fonte: Globo Rural, 2018.

Ainda assim, vale ressaltar que os episódios de *La Niña* são menos frequentes que os de *El Niño*. Diversos autores como Ropelewski e Halpert (1987;1989), Xavier (2001) e Xavier et al. (2003) mostram que os episódios de *La Niña* e de *El Niño* causam forte influência na quadra chuvosa do nordeste brasileiro, compreendendo os meses de fevereiro, março, abril e maio.

Anomalias No Oceano Atlântico

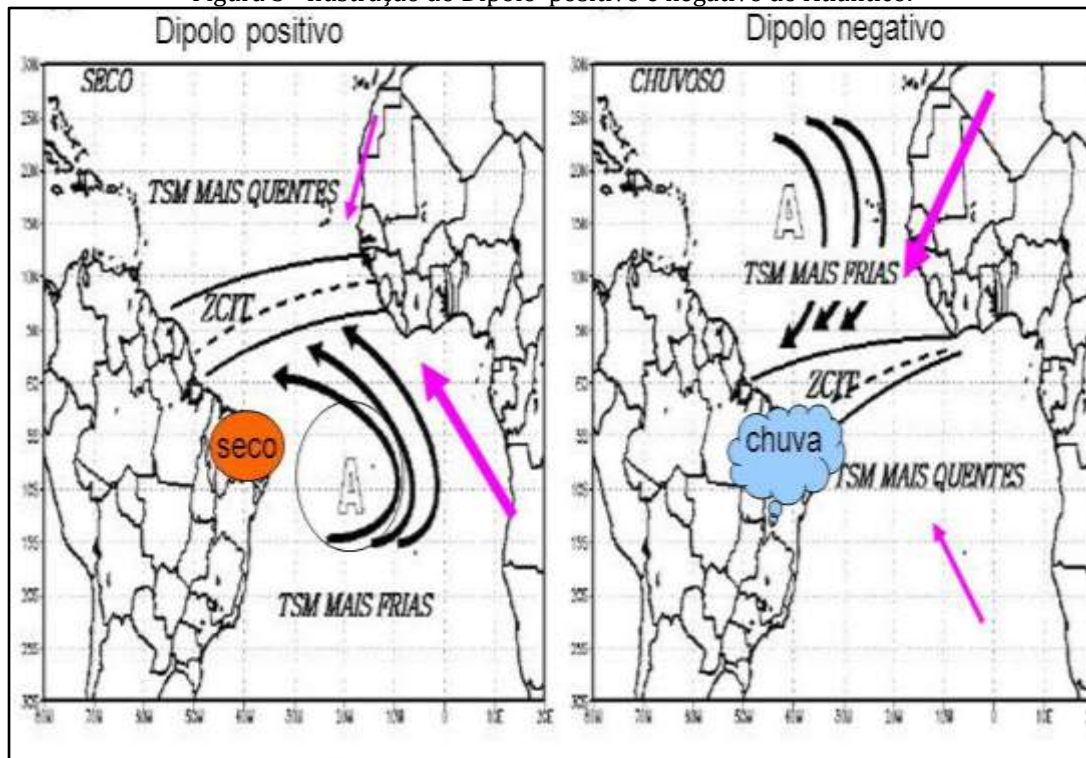
O oceano Atlântico Tropical tem um papel fundamental na variação do tempo e do clima nas regiões ao leste dos Andes. Sobre o Brasil, a região semiárida está entre as mais influenciadas pelas circulações atmosféricas e oceânicas do Atlântico Tropical, especialmente pelos padrões anômalos de TSM do Atlântico Tropical que afetam o clima no nordeste brasileiro, inicialmente abordadas no artigo de Serra (1941).

A estrutura norte-sul das anomalias de TSM do Atlântico Tropical é conhecida como dipolo ou gradiente do Atlântico Tropical. Esse dipolo se caracteriza pela ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, que afetam de forma direta a posição latitudinal da ZCIT, o que gera modulações na distribuição sazonal da precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, na parte norte do nordeste do Brasil até a parte central da Amazônia (Marengo e Hastenrath, 1993; Nobre e Shukla, 1996; Uvo et al., 1998; Marengo, 2004).

Em anos nos quais a TSM sobre o Atlântico Sul, localizado entre a linha do Equador e 15° S, está mais quente que a média de longo período, durante março-abril-maio, no Atlântico Tropical Norte, entre as latitudes 12°N e 20°N, está menos aquecido do que a média, existe a formação de um gradiente meridional de anomalias de TSM no sentido de norte para sul.

Nesta situação se observa paralelamente uma pressão no nível do mar (PNM) mais baixa do que a média sobre o Atlântico Sul e mais alta do que a média sobre o Atlântico Norte, fazendo assim com que se forme uma área de baixa pressão na porção do Atlântico Sul e de alta no Atlântico Norte, sendo configurado o Dipolo Negativo do Atlântico Tropical (Figura 5).

Figura 5 - Ilustração do Dipolo positivo e negativo do Atlântico.



Fonte: INPE(CPTEC), 2007.

Essa configuração faz com que os ventos alísios do sudeste sejam mais fracos do que a média e os alísios do nordeste mais intensos que a média. O eixo de baixa pressão à superfície e confluência dos ventos alísios deslocados mais para o sul, relativamente ao seu posicionamento médio, e totais pluviométricos acima da média sobre o Norte e Nordeste do Brasil (Hastenrath e Heller, 1977).

Já no Dipolo Positivo (Figura 5), ocorre o inverso. As áreas entre a linha do Equador e 15° S estão menos aquecidas do que a média, durante março-abril-maio, no Atlântico Tropical Norte, entre as latitudes 12° N e 20° N mais quente que a média de longo período, existe a formação de um gradiente meridional de anomalias de TSM no sentido de sul para norte, o que gera uma área de baixa pressão na porção norte e de alta na porção sul do Atlântico Tropical, fortalecendo os ventos alísios do sudeste e

enfraquecendo os alísios do nordeste, favorecendo uma elevação da posição da ZCIT e uma diminuição nos índices pluviométricos no Norte e nordeste brasileiro.

As circulações atmosféricas anômalas induzidas pelas distribuições espaciais da TSM sobre os oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical afetam o posicionamento da ZCIT sobre o Atlântico, influenciando a distribuição da pluviometria sobre a bacia do Atlântico e norte da América do Sul. Apesar da variabilidade interanual das TSM e os ventos sobre o Atlântico Tropical serem significativamente mais fracos que os observados sobre o Pacífico Equatorial, a referida variabilidade exerce profunda influência nas variações climática sobre a América do Sul em nível global, e sobre a região Nordeste do Brasil (Marengo et al. 2011).

Vale ressaltar que Kayano e Andreoli (2006) mostram que alguns anos secos e chuvosos no Nordeste não dependem majoritariamente das fases dos ENOS (*El Niño* ou *Lá Niña*), ou seja, pode ocorrer seca com a presença do fenômeno *La Niña* ou o Pacífico neutro e chuvoso durante um evento de *El Niño*. Os sinais de anomalia da TSM no Atlântico Tropical Sul se manifestaram antes da quadra chuvosa, confirmando a proposta de Giannini et al. (2004), onde as anomalias de TSM no Atlântico Tropical podem pré-condicionar às teleconexões dos ENOS e as chuvas no semiárido e áreas adjacentes.

Desse modo, em algumas ocasiões o Atlântico pode apresentar variações de TSM de modo semelhante à variabilidade de ENOS em vários aspectos, devido ao fato de as variações anuais no Pacífico e no Atlântico serem semelhantes, sendo que essa variabilidade interanual no Pacífico e no Atlântico se relaciona com o deslocamento da ZCIT.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Prognóstico da FUNCEME para a quadra chuvosa de 2021

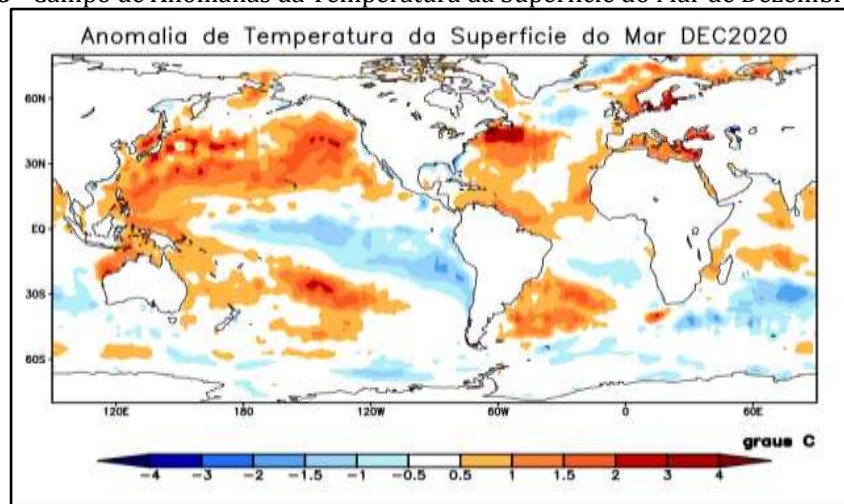
A FUNCEME divulgou em 20 de janeiro de 2021, o prognóstico das chuvas para o Ceará, no trimestre chuvoso que compreende os meses de Fevereiro, Março e Abril de 2021, sendo os meses de maior incidência da ZCIT na região.

As análises foram feitas com base no estudo das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM), nos oceanos Pacífico e Atlântico, no mês de dezembro de 2020. Ao se analisar a superfície do oceano Pacífico, verificou-se que no Pacífico, em sua porção equatorial central e leste, se configurava um resfriamento anormal na superfície marinha, configurando a presença do fenômeno *La Niña*. O Índice *Oceanic Niño Index* (ONI), do Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos, registrou um resfriamento anômalo de $-1,3^{\circ}\text{C}$ na superfície do Pacífico no trimestre que compreende o período de outubro, novembro e dezembro.

Indo para o oceano Atlântico, em sua porção tropical sul, observa-se um resfriamento anormal das áreas oceânicas na porção que compreende da costa africana até próximo ao litoral leste do Brasil. Em sua porção equatorial do Atlântico, foi registrado TSM, dentro das médias, sem a presença de anomalias na região próxima à linha do equador. Já na porção do Atlântico Norte, apresentou-se áreas com TSM positivas, isto é, as águas naquela porção registravam temperaturas acima da média, chegando próximas às porções equatoriais.

Desse modo podemos perceber que o modelo de previsão, com base nas TSM, analisadas em janeiro de 2021, com o intuito de prever como seria a quadra chuvosa nos períodos que compreende a fevereiro, março e abril (FMA) de 2021 (Figura 6).

Figura 6 - Campo de Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar de Dezembro de 2020



Fonte: CPTEC/INPE, 2021.

Configurava-se a ocorrência do fenômeno de *Lá Niña* no oceano Pacífico equatorial, mas com relativo enfraquecimento. Já no oceano Atlântico, apresentou-se um aquecimento e resfriamento anormal respectivamente nas porções do Atlântico Norte e Sul, configurando o fenômeno do Dipolo Invertido do Atlântico. Desse modo, com esta configuração térmica das águas oceânicas do Atlântico, se forma uma área de baixa pressão sobre a sua porção norte e de baixa pressão na porção sul.

Com isso, se forma um movimento das massas de ar mais frias da porção sul em direção às áreas de baixa pressão, gerando ventos alísios no sentido Sul-Norte, fazendo com que a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) seja direcionada a porções latitudinais mais ao norte que o seu normal para o período. Isso acarretará uma quadra chuvosa substancialmente menos intensiva no nordeste brasileiro, em vista a grande importância deste sistema para o regime pluviométrico da região, que estando afastada do Equador, perdera a influência sobre essa porção do continente.

Assim, com base na avaliação atmosférica e oceânica, que alimentam com dados os modelos numéricos e estatísticos globais e regionais de respeitadas instituições de Meteorológicas do Brasil, tais como FUNCEME e CPTEC/INPE, o prognóstico climático para o trimestre FMA em 2021, no estado do Ceará, apontaram para 50% de probabilidade para a ocorrência de chuvas abaixo do normal, 40% de probabilidade para a ocorrência de precipitações dentro de média e 10% de probabilidade para chuvas acima da média.

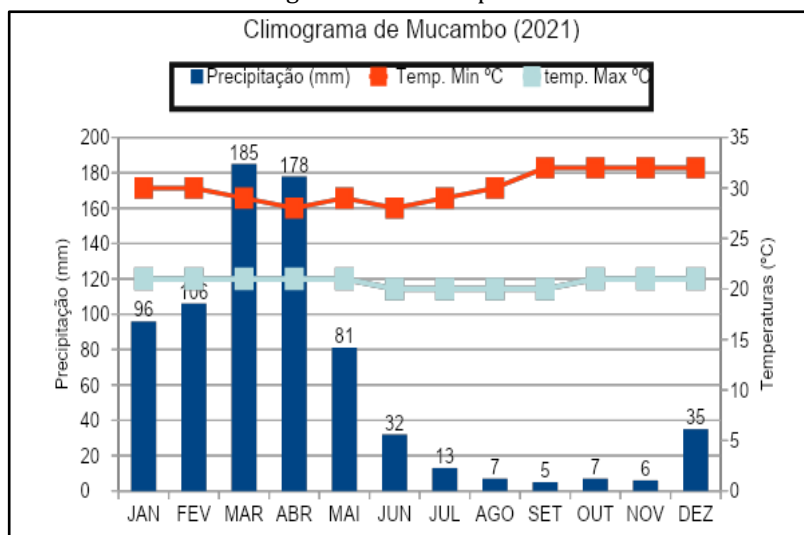
Análise dos dados climáticos de Mucambo no ano de 2021

É importante que se possa compreender a configuração climática e as condições características durante todo o ano no município de Mucambo, analisando os índices de precipitação e as temperaturas médias registradas no decorrer de um ano, para se ter ciência da sazonalidade que se faz presente no município.

Desse modo, podemos ao analisar o climograma (Gráfico 1) a seguir, verificamos que o acumulado anual de chuvas no município de Mucambo foi de apenas 751 mm, ficando muito abaixo da média pluviométrica anual, que é de 965,5 mm, sendo um ano de chuvas mais fracas e com temperaturas bem altas, ficando em quase todos os meses acima da média térmica de 29º C, sendo registrado ao longo dos meses máximas de 31 e 32º C, influenciando para um quadro de baixa pluviometria e alta evapotranspiração.

Como podemos ver no gráfico 1, os meses com maior precipitação em Mucambo foram março e abril, registrando 185 e 178 milímetros de precipitação, respectivamente. Vale ressaltar que, as temperaturas mínimas tiveram uma variação anual de apenas 1º C, variando entre 20 e 21º C em 2021, sendo que no período de junho a setembro, as menores mínimas foram registradas.

Gráfico 1: Climograma do município de Mucambo



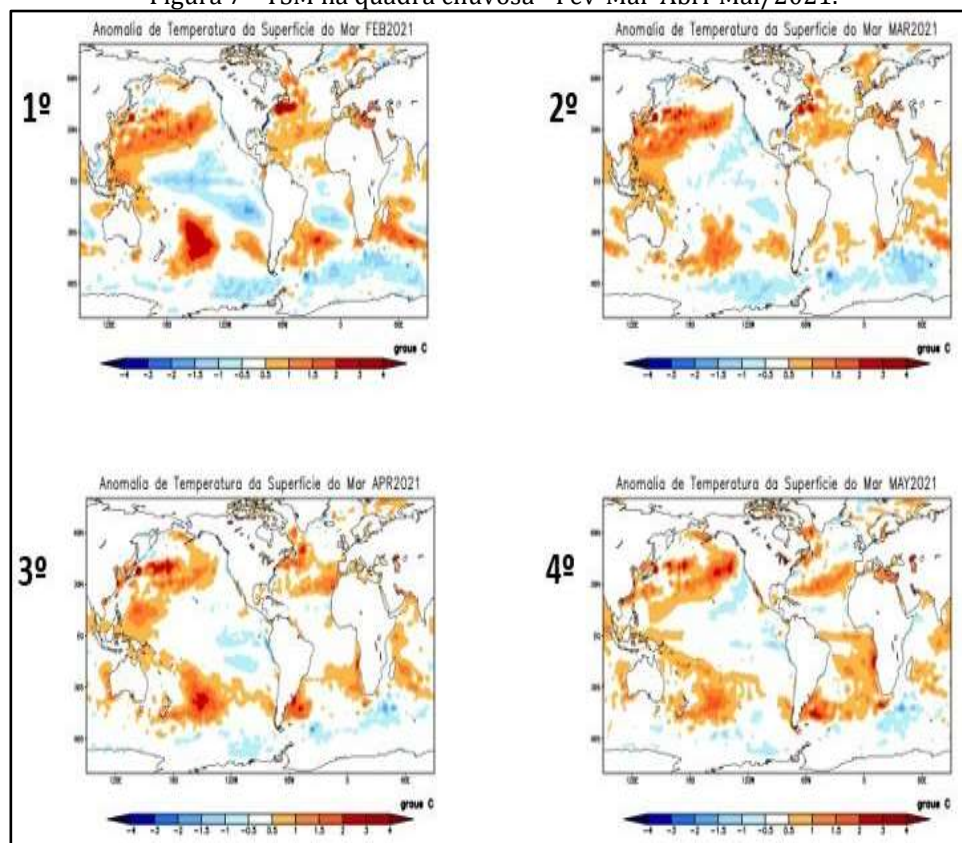
Fonte: CLIMATEMPO, 2021.

Já as temperaturas máximas tiveram uma variação anual de 29º a 32º C, com uma amplitude de 3º C entre os meses, de modo que os registros mais elevados estão entre o período de setembro a dezembro, sendo registrados de forma homogênea máximas mensais de 32º C. Vale ressaltar também que a variação entre as temperaturas mínimas e máximas mensais durante o período, que ocorrem as maiores precipitações — sendo este de janeiro a maio —, apresentaram variações mensal de até 9º C, mas quando se adentra ao período de estiagem, de julho a dezembro, se registra uma variação mensal de até 11º C entre a mínima e a máxima registradas. É importante ressaltar também que o mês com menor variação térmica foi abril, com mínima de 21º a 28º C. Vale destacar que o mês com maior variação térmica mensal foi setembro, com mínimas de 20º e máximas de 32º C.

A partir desses dados, podemos notar que no ano de 2021, Mucambo registrou chuvas bem abaixo das médias e temperaturas bem acima das médias, configurando-se um ano de fraco acumulado de água e intenso processo de evaporação, dificultando as práticas de agricultura, devido à escassez de chuvas.

Podemos perceber que os meses em que as precipitações foram mais elevadas foram março e abril. Ao analisar as TSM do Atlântico e do Pacífico durante a quadra, percebe-se uma mudança na tendência de configuração térmica, pois a medida que se aproxima a quadra chuvosa, as TSM no oceano Atlântico diminuem suas anomalias, permitindo que a ZCIT se aproxime mais da porção nordeste do país. Já na porção equatorial do Pacífico ocorreu esfriamento brando, com efeitos fracos sobre a ZCIT. Podemos ver como as TSM se configuraram em meio a quadra chuvosa (Figura 7).

Figura 7 - TSM na quadra chuvosa - Fev-Mar-Abri-Mai/2021.



Fonte: CPTEC/INPE, 2021.

Ao analisarmos as temperaturas da superfície do Pacífico equatorial, nos referidos meses, notamos uma tendência para uma redução da condição de anomalias negativas das TSM, evidenciando a redução progressiva de áreas frias da superfície oceânica, configurando um ano de *La Niña* fraca.

Ao analisarmos a porção atlântica, nota-se em fevereiro uma configuração de dipolo positivo, com águas ao norte mais aquecidas, estando entre 0,5° C e 1° C acima da média e porções a sul mais frias variando entre - 0,5° e -1° C, gerando deslocamento da ZCIT, em virtude de sua menor pressão.

Porém, adentrando em março e abril, os meses onde ocorreram os maiores acumulados de chuva, notamos que ocorreu uma redução das condições anômalas no oceano Atlântico, em virtude disto, a ZCIT aproxima-se mais da porção nordeste brasileira e causa mais precipitações.

Em maio, houve uma anomalia geral na porção sul do Atlântico, com áreas mais aquecidas variando de 0,5°C e 1,5°C, o que poderia beneficiar a atuação da ZCIT, porém esta já não atinge mais tão fortemente o Nordeste, pois está em sua fase de distanciamento do continente, deslocando-se para as latitudes mais elevadas, devido maio ser o período de tal ocorrência, marcado o fim da quadra chuvosa para a região.

Em uma análise feita com base no Monitor de Secas do Brasil (2021), nos referidos meses desta pesquisa, verificou-se que o período foi marcado por secas de diferentes intensidades. Segundo os dados coletados em fevereiro de 2021, o estado do Ceará sofreu com o avanço de seca com fraca intensidade direcionada ao litoral e de seca moderada na porção leste do estado. Impactos socioambientais oriundos da seca ocorreram na região de Mucambo.

No mês de maio, em virtude do fim da quadra chuvosa, as condições de seca se acentuaram. A partir desse mês, há a transição para o período de estiagem no norte do nordeste, onde as precipitações caem bruscamente e as temperaturas se elevam acentuadamente.

Assim, vemos que nos meses onde comumente ocorrem as maiores precipitações nesta porção setentrional do nordeste, em 2021, devido às condições desfavoráveis à ocorrência de precipitações, todo o estado do Ceará ficou em volta em áreas de secas de diferentes intensidades. O município de Mucambo permaneceu em 2021 em condições de seca a curto prazo em todos os meses que normalmente deveriam ser os mais chuvosos do ano.

CONCLUSÃO

O clima é um dos elementos do ambiente que mais interagem com as sociedades. Desse modo, a capacidade de prever futuras condições climáticas se fazem muito importantes, especialmente em áreas com baixo desenvolvimento, como em diversas áreas do semiárido brasileiro, ficando suscetíveis a eventos climáticos, como secas constantes ou chuvas acima das médias históricas.

A grande dificuldade de prever a dinâmica climática, deve-se ao fato de as configurações atmosféricas e oceânicas serem complexas e mudarem continuamente. O avanço das técnicas e estudos que propiciam uma previsão mais assertiva da dinâmica climática é muito útil para o desenvolvimento das sociedades.

O prognóstico da FUNCEME, indicava a grande probabilidade da ocorrência de chuvas abaixo da média na quadra chuvosa cearense de 2021. O município de Mucambo, localizada na porção noroeste do estado do Ceará, registrou nesse referido ano, índices de precipitação inferior à média anual, gerando condições de seca e acarretando em uma série de danos às plantações dos agricultores de subsistência, além de ter tido pouca reposição hídrica em açudes e nos reservatórios de abastecimento da região.

As TSM, do oceano Atlântico tiveram forte influência neste período, devido a condições de aquecimento anormal durante toda a quadra chuvosa, na sua porção norte, criando a uma pré-disposição para o posicionamento desfavorável da ZCIT para a intensificação de chuvas para o nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

CARACRISTI, I. Processo de desertificação do Nordeste brasileiro. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, V.8, n^o 1, Sobral, 2006.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Índice de Aridez do Estado do Ceará**. Fortaleza, 2017.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Prognóstico FEV-MAR-ABR/2021**. Fortaleza, 20 de janeiro de 2021.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Monitor de Secas**. 2021. Disponível em:
<https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=2&ano=2021> Acesso em: 15 de Abr, de 2022.

GIANNINI, A; SARAVANAN, R.; CHANG, P. the preconditioning role of Tropical Atlantic Variability in the development of the ENSO teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v.22, p. 839-855, 2004.

HASTENRATH, S.; Heller, L. Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 110, p. 411-425, 1977.

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. **Mon. Wea. Rev.** 112, 1097-1107, 1984.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico Municipal – Mucambo**. Secretaria de Planejamento e Gestão (SEPLAG). Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em :
<https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/> . Acesso em: 17 de Dez de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça as cidades e estados do Brasil**. V. 4,6.11. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> .Acesso em: 20 de Ago de 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa e Estatística .**Centro de Previsão e Estudos Climáticos**. Brasil, 2021. Disponível em:<https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 20 de Abr de 2022.

MARENGO, J, A; ALVEZ, M, L. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Instituto Nacional do Semiárido**. Campina Grande – PB, 2011.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**. v.78, p.79-96, 2004.

NOBRE. P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v.9, p.2464-2479, 1996.

ROPELEWSKI, C. F; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El-Nino Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v.115, p.1606-1626, 1987.

ROPELEWSKI, C. F; HALPERT, M. S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. **Journal of Climate**, v. 2, p. 268-284, 1989.

SERRA, A. B. The general circulation over South America. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.22, p.173-179, 1941.

UVO, C. R. B.; REPELLI, C. A.; ZEBIAK, S.; KUSHNIR, Y. The relationship between tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of Climate**, v.11, p.551-562, 1998.

XAVIER, T. M. B. S. Tempo de Chuva - Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional, Fortaleza: **ABC Editora**, 2001, p. 478.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; Silva-Dias, M. A. F.; Silva-Dias, P. L. interrelações entre Eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará, **Revista Brasileira Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 111-126. 2003.

ANÁLISE DO CLIMA URBANO DE CAJAZEIRAS-PB

Jucier Ricarte Saraiva
Isorlanda Caracristi

INTRODUÇÃO

Conforme a humanidade passou a desenvolver técnicas e domesticação de animais, cada vez mais o ser humano passou a deflagração de grandes feitos, sendo um deste o início/retomada da globalização através das navegações europeias, mas as maiores de todas essas realizações da humanidade foram as revoluções industriais, tendo surgido no século XVII (inicialmente Reino Unido e na França), onde possibilitou a produção variada de alimentos em diferentes estações do ano em escala industrial, iniciando desta maneira a mecanização do campo gerando assim o fenômeno da urbanização, no entanto tal fenômeno só se perpetua nas revoluções industriais seguintes as quais a substituição da mão de obra no campo de deu por completo nos países que compõem a União Europeia e Estado Unidos da América (países desenvolvidos).

O processo da industrialização se perpetua através da globalização integral que ocorreu em meados do século XX, fazendo todos os países buscarem se industrializar (principalmente os países que compõem a África, América do Sul e Central, quase a totalidade da Ásia e Oceania, tidos esses como países emergentes), ao passo que o fenômeno da urbanização se insere de forma avassaladora e acelerada, fazendo com que países tivessem de assimilar três séculos de tal processo e fenômeno em um curto espaço de tempo.

Tais processos industriais provaram o poder de transformação da humanidade, principalmente através do fenômeno da urbanização com capacidade de influenciar o meio ambiente a sua volta, devido a tal demonstração de aptidão casou-se inquietações na comunidade científica e também em alguns países.

Estas inquietações proporcionaram o surgimento de eventos na busca de resoluções climáticas, dos quais se destacam os seguintes: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (ou Conferência de Estocolmo) em 1972, Conferência de Nairóbi em 1982, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD, também conhecida como ECO 92, Rio 92 ou Cúpula da Terra) no ano de 1992, Conferência das Partes denominada de COP que se iniciou em 1995 e atualmente se encontra na 26ª edição, sendo realizado anualmente em diversas cidades pelo planeta Terra (ALMEIDA, 2017).

No contexto nacional, pesquisas com ênfase aos processos de desertificação e ao clima urbano das grandes metrópoles, promovidas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e pelos Departamentos de Geografia e de Agronomia das instituições públicas de ensino superior.

Tal evolução tecnológica da espécie humana ocasionou a modificação do meio natural em um espaço antropizado, mudanças essas que foram ainda mais degradantes nos países emergentes pela acelerada e desordenada transformação dos espaços em curto tempo, fazendo emergir preocupações sobre as mudanças comportamentais do clima nos aglomerados humanos, dando início às pesquisas sobre o clima urbano nos grandes e médios centros urbanos em meados do século XX. Inicialmente realizados nos países desenvolvidos (países que passaram por duas ou três revoluções industriais), em países emergentes os estudos começaram nos anos de 1960, onde nações como Brasil passaram a estudar tal fenômeno, tendo como precursor, no âmbito geográfico acadêmico, o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.

Na perspectiva geográfica, os estudos climáticos tiveram forte avanço a partir da década de 80 com a redemocratização do país e centraram-se prioritariamente no clima das grandes cidades, enfocando os fenômenos das ilhas de calor, inversão térmica, poluição atmosférica e eventos extremos relacionados às inundações e secas.

Diante de tais modificações/transições demandas pela humanidade na natureza, é essencial compreender quais são os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas ao clima nas diferentes escalas (global/continental, nacional e regional/local).

As pesquisas climáticas, durante muito tempo, focalizaram nos grandes aglomerados e apenas nos países desenvolvidos, tendo mudanças nas escalas de pesquisas a partir da década de 60, incluindo os países emergentes, que buscaram soluções para o desordenado processo de urbanização. No Brasil não foi diferente, onde se passou a estudar os impactos das mudanças climáticas nos grandes centros urbanos e regiões metropolitanas. A partir dos anos 2000 é que as cidades de médio porte do território brasileiro viraram foco de pesquisas climáticas.

Com o grande contingenciamento de pesquisas voltando para as metrópoles e cidades médias no Brasil e no mundo, tornou-se de extrema importância investigar o clima das pequenas cidades com o avanço do desmatamento das áreas rurais, assim como a relação dos impactos do aquecimento global em contexto local.

Porém, somente com a ampliação e interiorização dos cursos de pós-graduação em Geografia em meados dos anos 2000 em diante, é que os estudos geográficos de clima urbano se voltam para as pequenas e médias cidades do Brasil, incluindo aquelas inseridas na região semiárida do Nordeste (MUNIZ, BRITO e CARACRISTI, 2021).

Diante de tal cenário apresentado, é de fundamental importância o estudo de clima urbano no município de Cajazeiras-PB por se inserir na perspectiva de uma cidade pequena universitária, pois, a cidade em questão não passou ilesa perante as transformações espaciais vigentes no semiárido brasileiro, onde desde sua fundação passou por diversas transformações

espaciais em função da sua referência na área da educação e nos setores intrarregionais de comércio e serviços no Estado da Paraíba. Estando entre os espaços paraibanos mais populosos, mesmo sendo considerada uma cidade de pequeno porte, pois, por ser uma cidade universitária, apresenta fluxo constante de

pessoas. E apesar de existir curso de Geografia em Cajazeiras, nenhum estudo sobre clima urbano foi realizado, fato que faz da presente pesquisa ter caráter inédito.

Contribuir com os estudos de clima de pequenas cidades do semiárido brasileiro, por meio da análise dos microclimas de Cajazeiras (PB), relacionando-os aos fatores climáticos locais e ao uso e ocupação do espaço urbano e da circunvizinha rural, é o objetivo principal desta pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos, foram utilizadas as bases teórico-metodológicas do Sistema de Clima Urbano (S.C.U.), proposto por Monteiro (1976).

O estudo foi realizado em cinco etapas, sendo a primeira etapa a busca de literatura sobre a cidade de Cajazeiras e bibliografia referente à temática; a segunda etapa se designou ao reconhecimento da área de estudo, demarcação e escolha dos pontos de produção/coleta de dados e a instalação dos abrigos de PVC e instrumentos coletores de dados (termohigromêtro datalogger Icel HT-4010, instalados ao longo da cidade de Cajazeiras-PB), conforme Gomes & Caracristi (2020a e 2020b) e Muniz & Caracristi (2015); na terceira etapa realizou-se a coleta de dados; seguindo com a quarta etapa, que se centrou na análise dos dados do INMET (os dados do Instituto Nacional de Meteorologia serviram como parâmetro médio do clima da região); e, finalmente, a quinta etapa, em que se executou a sistematização dos dados e confecção de gráficos, e suas respectivas análises.

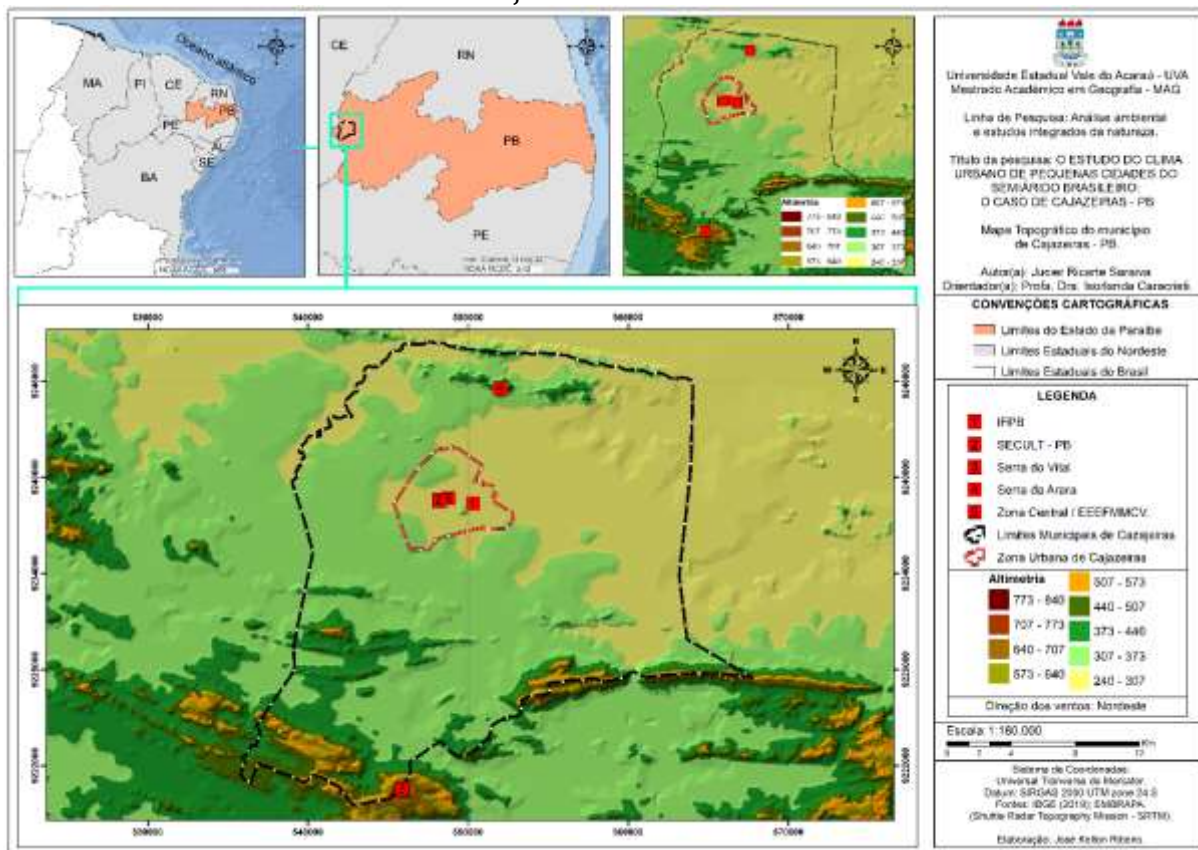
Os pontos escolhidos na segunda etapa foram os seguintes:

- ✓ Ponto 01 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. A escolha se deve à sua localização, na parte periférica da cidade de Cajazeiras-PB.
- ✓ Ponto 02 – Secretaria de Cultura e Turismo - Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB. Nesse caso, por estar próxima a parte central cidade e por possuir um corpo hídrico como influenciador (Açude Grande de Cajazeiras (PB)/Açude Senador Epiácio Pessoa, ao qual barra os riacho Papa Mel) .
- ✓ Ponto 03 – Serra do Vital. Serra com vegetação nativa preservada. Ponto escolhidon para se analisar a influência da altitude.
- ✓ Ponto 04 – Serra da Arara. Pelos mesmos motivos que a Serra do Vital, entretanto, não tem presença humana e sofre frequentemente com queimadas.
- ✓ Ponto 05 – Zona Central/EEEFM Monsenhor Constantino Vieira. A escolha se deu pelo fato de se encontrar localizada no centro comercial da cidade e não tem arborização ao seu entorno.

Ressalta-se que, na terceira etapa foram realizadas as instalações dos cinco aparelhos datalogger (Termohigromêtro datalogger Icel HT-4010) onde coletando cindo amostras dos dados de temperatura e da umidade relativa do ar. Cada amostra teve o período de permanência de 15 dias dos meses de agosto, setembro, outubro e novembro com registro de intervalo dos dados a cada duas horas a cada registro. Quanto à temporalidade, destacamos que se deve ao fato das elevadas chances de perda de equipamentos em virtude da vulnerabilidade dos locais instalados. Assim, cada período de amostragem foi de cerca de 200 registros, totalizando das nove

amostras, cerca de 800 registros, aos quais terão início em agosto a novembro de 2021.

Figura 1: Perfil topográfico em 3D e Mapa de localização dos pontos de coletas de dados em Cajazeiras – PB.



Fonte: Saraiva, (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para iniciar a discussão será discutido o conceito de cidade e qual critério é utilizado para classificar o porte das cidades no Brasil, dessa forma na compreensão de Assis (2006) a definição de cidade corresponde a área do território que abriga habitualmente a maior parte das transações financeiras, sociais e culturais, onde concentra altos números populacionais. Quanto a classificação do porte das cidades Fernandes (2018) as cidades podem ser classificadas a partir de dois critérios, sendo esse o qualitativo e quantitativo,

No território brasileiro o órgão governamental (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE) utiliza o critério de análise o quantitativo (onde cidade pequena se define com até 100 mil habitantes), porém a comunidade científica destaca que deveria utilizar ambos. Dessa modo, segundo o IBGE, a cidade de Cajazeiras – PB se define como sendo uma cidade pequena, pois a sua população contabilizar 62.576 habitantes.

Prosseguindo no estudo faremos uma explanação dos aspectos geoecológicos e geourbanos, com a finalidade de entender melhor o cenário natural socioespacial da cidade em estudo.

Segundo Freitas, Barbosa et al (2016) o nome da cidade Cajazeiras deriva da existência em abundância da árvore *Spondias mombin* ou *Spondias lútea*, denominada localmente de Cajá, onde originou o nome do sítio Cajazeiras fundado por Francisco Gomes de Brito. O Serviço Geológico do Brasil (2005, SGB, pag. 9) desta que a cidade de Cajazeiras – PB se localiza no “Polígono das Secas”, onde de acordo com a classificação de Köppen apresenta um clima semiárido quente e seco, possuindo irregular regime de chuvas com média 880,6 mm/ano, tendo pluviometria máxima foi de 1961 mm/ano e 227,1 mm/ano de mínima, cujo de forma geral o município apresenta duas estações, sendo uma seca (que se estende de Agosto a Dezembro) e outra chuvosa (compreendendo metade de Janeiro a início de Junho em média).

Quanto à vegetação, é predominantemente xerófilas, com presença de cactáceas em que apresenta uma vegetação de pequeno a médio porte. Para o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2005, pág. 10) “os solos são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas do embasamento, sendo em sua maioria do tipo Podizólico Vermelho-Amarelo de composição arenoargilosa, tendo-se localmente latossolos e porções restritas de solos de aluvião”.

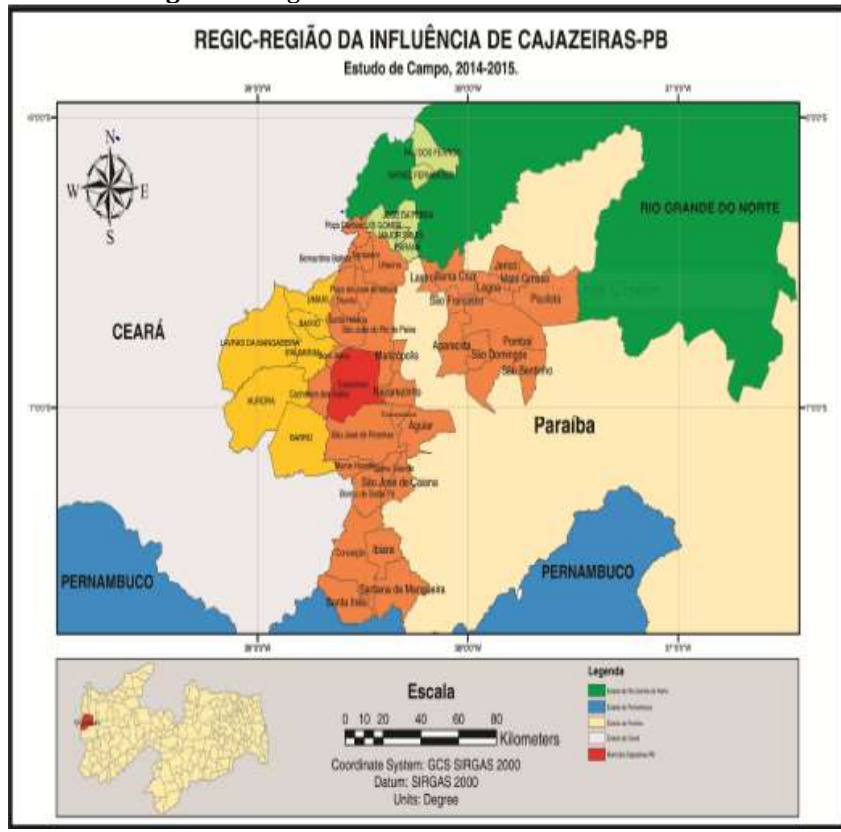
Segundo o SGB (2005) a rede de drenagem é do tipo intermitente, com padrão dendrítico em sua totalidade, devido as fraturas geológicas que são angulares e retangulares, e seu riachos e cursos d’água serem de porte pequeno (em destaque riachos Papa Mel, do Cipó, Terra Molhada, dos Mirandas do meio, da Caiçara, do Amaro e das Marimbas, e aos açudes Lagoa do Arroz, Escurinho, Descanso, Cajazeiras e Eng° Ávidos) constituídos no domínio da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas, que está inserida na sub-bacia do Rio do Peixe, encontrando-se inserida no relevo denominado “Superfície Sertaneja”, constituindo um extenso pediplano arrasado, destacando-se elevações residuais alongadas e alinhadas com o “trend” da estrutura geológica regional.

De acordo com IBGE (2015) está inserida na mesorregião do Alto Sertão Paraibano e a microrregião de Cajazeiras, a mesma localiza-se às margens da BR-230, cujo está 497 km da capital. Ainda segundo o IBGE a cidade em estudo faz fronteira com os seguintes municípios: Oeste Cachoeira dos Índios e Bom Jesus, ao Sul São José de Piranhas, ao Norte Santa Helena, a Nordeste São João do Rio do Peixe e na direção sudeste Nazarezinho. O município de Cajazeiras foi instituído à categoria de cidade no ano de 1876 quando foi desmembrado do município de Sousa, mas mesmo antes já tinha papel representativo, onde era entreposto comercial e polo educacional da região, atualmente a cidade detém área ocupacional de 567,5 km², concentrando em seu perímetro urbano 81,27% da população, dessa forma segundo Arruda (2014) tais números a coloca como a sétima cidade mais populosa do Estado da Paraíba, cujo a mesma possui densidade demográfica de 103,3 hab./km² estabelecidos em cerca de 3 km² do território da cidade.

Por fim Souza (2016) esse sucesso educacional fez com a cidade se devolvesse no setor monetário, com a presença de bancos público e privados (Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Banco do Nordeste, Bradesco, Itaú, Santander e Pague Seguro) e

setor de transporte, no automobilístico e motocicletas (Dical Fiat, Ford, Chevrolet, e Renault, Honda, Suzuki, Yamaha, Sundaw motos). Dessa maneira a cidade de Cajazeiras se inseriu como polo de atração de pessoas por conter produtos e serviços implantados no decorrer da sua história, tornando-se metrópole local dentro do Estado federativo que esta faz parte e do vizinho Estado Ceará (como mostra a imagem abaixo).

Figura 2: Região de Influência das Cidades – 2007.



Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Região de Influência das Cidades – 2007.

Na sequência será estabelecido o conceito de clima e o clima urbano, bem como os elementos que intensificam tais perante os fatores locais e globais gerais em relação ao tema estudado.

Para Dias e Nascimento (2014, pag. 5) afirmam que “o clima urbano é, portanto, resultado da interferência de todos os fatores atuantes sobre a atmosfera urbana e que agem no sentido de alterar o clima local”. Quando ambos falam em fatores atuantes se refere aos processos humanos de modificação do espaço.

Segundo Almeida (2016, pag. 48) afirma que “o clima é a generalização ou a integração das condições do tempo, ou seja, a sequência cronológica com, pelo menos, 30anos de dados. Dessa forma, o clima refere-se a uma descrição média (média climatológica)”.

Tais fatores são também mencionados por Costa Trindade Amorim (2010) em que são essenciais ao cotidiano da humanidade, porém tem vários fatores negativos ao

seu uso intensificado, sendo os seguintes fatores causadores da transformação do mesoclima local:

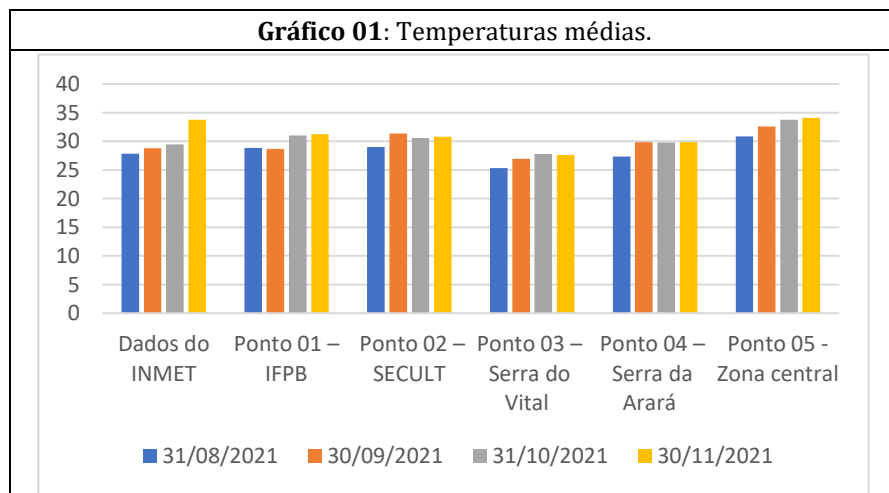
- ✓ Retirada da vegetação original,
- ✓ Aumento da circulação de veículos e pessoas,
- ✓ Impermeabilização do solo,
- ✓ Mudanças no relevo (por meio de aterros, canalizações de rios e córregos, concentração de edificação, verticalização urbana)
- ✓ Instalação de equipamentos urbanos (parques, praças, edifícios, áreas industriais, residenciais etc.),
- ✓ Lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera.

Em destaque a tais fatores intensificadores da mudança do clima local, é afirmado por Barbirato, Barbosa e Torres (2012, pag. 3) que a escalada da temperatura é condicionada pelas diversas atividades humanas, em que “este constitui fator significativo na modificação do balanço de energia”. Desta forma pode se concluir que tais intensificações de atividades ou mesmo o exercício delas são causadores de diferentes microclimas no perímetro urbano.

No entendimento de Moura (2008) o clima urbano é dinâmico onde está em constante mudança, cujo seu formato nunca está fechado ou definido e dessa torna-se complexo, além de ser muito diversificado com faixas e neveis. Já segundo Vilela (2007, pag. 32) a definição de clima urbano seria de “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Dessa forma uma definição genérica ao conceito.

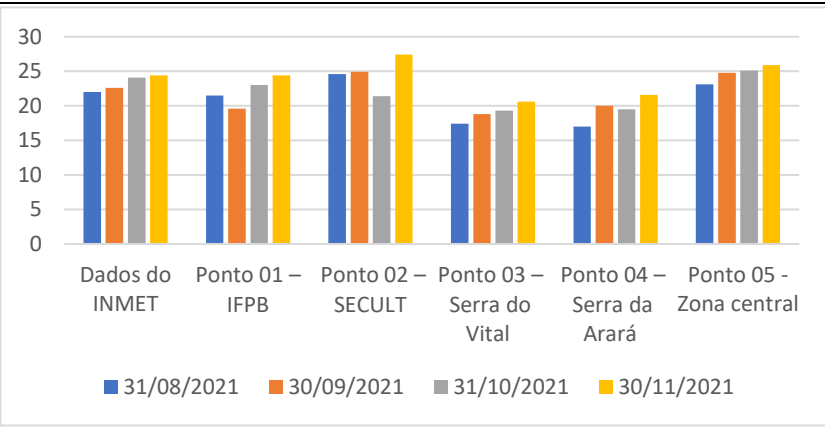
Na compreensão de Duarte e Caracristi (2005) o clima urbano se define como sendo estados da atmosfera de progressão de ritmos, em que dados fatores locais ambientais e espaciais associados à dinâmica climática regional, produzem o S.C.U. Assim, diante dos pressupostos destacados e esclarecidos anteriormente as amostras as cinco amostras coletadas apresentaram dados divergentes, pois será considerado os dados do INMET como dados de padrão climático local/região do alto Sertão paraibano.

No gráfico 01 foram tabulados dados referentes as médias das temperaturas dos cinco pontos de coleta de dados e do INMET referente ao período da pesquisa, sendo:



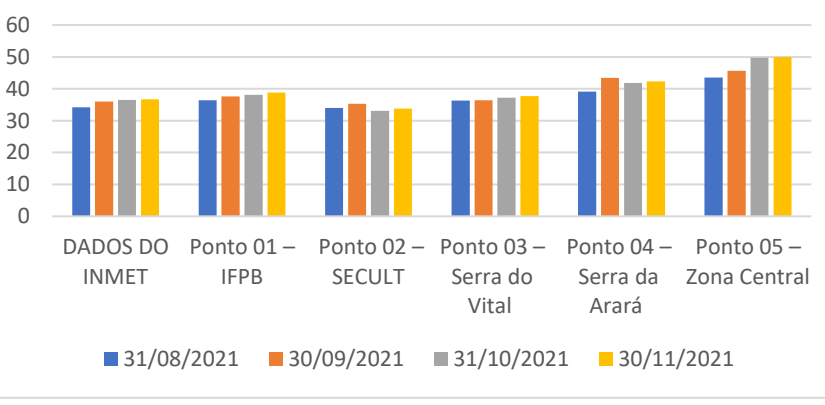
Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Gráfico 02: Temperaturas mínimas.



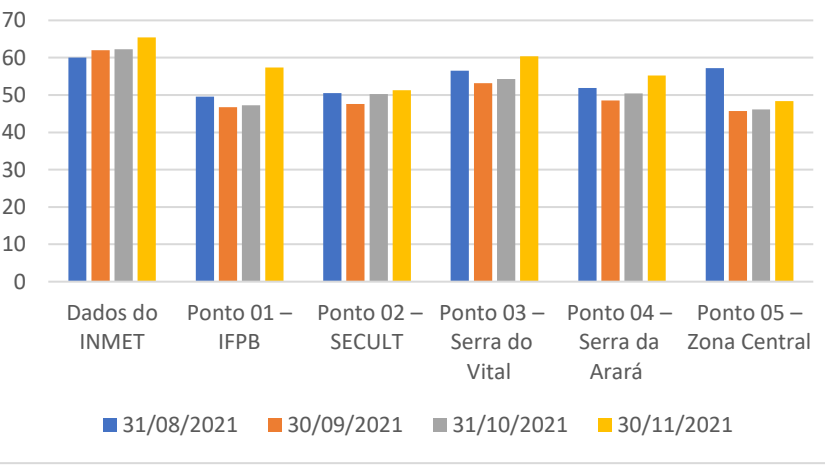
Fonte: elaborado pelo autor, (2022).

Gráfico 03: Temperaturas máximas.



Fonte: elaborado pelo autor, (2022).

Gráfico 04: Médias da umidade relativa do ar.



Fonte: elaborado pelo autor, (2022).

O gráfico 1 verifica-se um aumento das médias das temperaturas no mês de novembro em todos os pontos de coletas de dados e no INMET verifica-se o mesmo, no entanto nota-se que pelos dados do INMET, verifica-se uma elevação fora do apresentado nos meses anteriores e acima dos outros pontos de coleta de dados,

como ainda esclarece que ocorreu um constante aumento das médias das temperaturas durante os quatro períodos de amostra. No entanto, os locais externos da zona da cidade mantêm uma constância no registro das médias temperaturas.

Já no gráfico 2 verifica-se a ocorrência de um crescimento nas temperaturas mínimas referentes aos dados fornecidos pelo INMET e no ponto 05 (Zona Central da cidade de Cajazeiras – PB), porém nos outros locais de coleta de dados observou-se um crescimento e logo em seguida um registro de queda nas temperaturas mínimas e sequencialmente um crescimento.

No gráfico 3 pode-se observar algo similar ao registrado e verificado no primeiro gráfico onde todos apresentam um crescimento constante no registro de temperaturas máximas, no entanto o que diferencia este do número foi justamente o fato do ponto 02 (SECULT) de coleta de dados apresentar uma queda no crescimento e o ponto 03 (Serra do Vital) apresentar uma estabilidade no registro de temperaturas máximas.

Já no último gráfico realizou-se um estudo com as médias da umidade relativa do ar e verificou-se que os do INMET são os únicos que apresentam um crescimento constante enquanto os demais pontos de coleta de dados expõem uma variação no registro de dados, sendo um registro da umidade do ar sequenciado de quedas e altas nos registros.

Fica evidente que os dados Instituto Nacional de Meteorologia são de fato o padrão climático local/região do alto Sertão paraibano, observando-se ainda que os dados produzidos pela presente pesquisa demonstram alterações conforme o ponto de coleta, demonstrando a influência dos elementos geourbanos, socioespaciais e ambientais da cidade de Cajazeiras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, os dados obtidos na pesquisa demonstram a zona Central (Ponto 05) da cidade, onde se concentram as atividades comerciais e de serviço com grande fluxo de pessoas e veículos e pouca arborização, todos os gráficos registram um aumento tanto de médias, mínimas e máximas térmicas. No entanto, o único parâmetro da zona Central da Cidade de Cajazeiras que tem redução é justamente a umidade relativa do ar, porém, normal quando se tem aumento de temperaturas associado a pouca vegetação e ausência de corpos hídricos.

Já os pontos de coleta de dados externos, referentes às áreas de serra, (Ponto 03 e 04) apresentam dados similares em quase todos os registros, no entanto, quando se observa o gráfico 03, referente às máximas térmicas percebem-se um constante crescimento. Os dados que são similares aos do INMET é do ponto de coleta do IFPB (Ponto 01) que detém sempre um viés de crescimento mesmo que minimamente. Os pontos do periférico da SECULT (ponto 02) assim como o IFPB, são mais divergentes já que se diferenciam de todos os demais pontos e do INMET, apresentando sempre irregularidades.

Diante dos fatos, dados e observações se pode concluir que a cidade de Cajazeiras apresenta, de acordo com os dados expostos, pelo menos quatro microclimas locais, dos quais

um se assemelha bastante ao clima da região do Alto Sertão paraibano.

Por fim, podemos verificar e concluir que a circulação de energia na cidade de Cajazeiras tem como fatores intensificadores os elementos geourbanos. Desses, merecem destaque, o asfalto, aglomerado de casas construídas sem espaçamento entre as mesmas, maior fluxo de pessoas e carros, ausência ou insuficiência de árvores dentro do perímetro urbano e canalização de córregos e riachos, visto que em pontos mais externos ao Centro urbano as temperaturas são menores devido à transição com o meio rural mais vegetado e com presença de corpos hídricos e maior circulação dos ventos. As prévias conclusões estão de acordo com as premissas de Monteiro (1976) sobre o fluxo de energia entre as áreas, corroborando assim que existe um fluxo maior de energia/calor na área de maior adensamento humano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço as contribuições da orientadora Isorlanda Caracristi, ao Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC), ao grupo de estudos de sistemas climáticos e análise ambiental das Paisagens semiáridas (SISCAPS) e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) instituição pública de fomento à pesquisa científica do Governo do Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

ABREU, Leidjânia Dantas. **Construção do espaço urbano e leituras semióticas da verticalização de Cajazeiras - PB**. Especialização em análise geoambiental do semiárido. UFCG - CFP, 2009.

ALMEIDA, Hermes Alves de. **Climatologia aplicada à geografia** [Livro eletrônico]. Campina Grande: EDUEPB, 2016. 6000 KB. 317 p.: il.

ALMEIDA, Raíssa Goulart de. **Mudanças climáticas e cooperação internacional: uma análise dos governos Sarney a Dilma (1985-2015)**. 65f. 2017. Monografia (Bacharel em Relações Internacionais) – Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia.

ANDRADE, José; BASCH, Gottlieb. **Clima e estado do tempo. Fatores e elementos do clima. Classificação do clima**. ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, 2011. p. 23 a 80.

ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA) - Presidente Prudente**: [s.n.], 2014.

ARRUDA, Maria do Socorro Moreira de. **O espaço em construção: ocupação e usos das áreas no entorno do Açude Grande na cidade de Cajazeiras, PB**. Cajazeiras, 2014. 98f: il.

ASSIS, Eleonora Sad de. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. ENCAC- ELACAC – Maceió – AL, 2005, 92 a 101 p: Il.

_____. **Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros**. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Minas Gerais, 2006.

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **Perfil do Município de Cajazeiras, PB.** Disponível em: <http://ideme.pb.gov.br/servicos/perfis-do-idhm/atlasidhm2013_perfil_cajazeiras_pb.pdf>. Acessado: maio de 2018.

BARBIRATO, Gianna Melo; BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues and TORRES, Simone Carnaúba. **Articulação entre Clima Urbano e Planejamento das Cidades: Velho Consenso, Contínuo Desafio.** Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana – GATU. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Alagoas, 2012.

BERNARDI, Jorge Luiz. **Funções sociais da cidade:** conceitos e instrumentos / Jorge Luiz Bernardi; 2006 orientador, Carlos Mello Garcias, 2006.

CARACRISTI, Isorlanda; DUARTE, J. S. S. “Clima e Qualidade de Vida na Cidade de Sobral: Buscando a Dimensão Cotidiana dos Estudos Climáticos”. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 7, p. 95-108, 2005.

_____. **A Natureza Complexa da Poiésis Climática:** Contribuições Teóricas ao Estudo Geográfico do Clima. Tese de Doutorado. USP. São Paulo, 2007.

_____. MUNIZ, Francisco Gerson Lima. **URBANIZAÇÃO, CONFORTO TÉRMICO E ANÁLISE SAZONAL MICROCLIMÁTICA DA CIDADE DE SOBRAL (CE).** **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 17, n. 1, p. 4-17, Sobral/CE, Mar, 2015.

COSTA TRINDADE AMORIM, Margarete Cristiane de. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator - Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC - vol. 9, núm. 1, Fortaleza, Brasil, dezembro, 2010, pp. 71-90**

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Cajazeiras, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DIAS, Marcel Bordin Galvão; NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira. **Clima urbano e ilhas de calor:** aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 12, 2014, pp. 27-41

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1999.

FILHO, Joaquim Alves da Costa. **Reestruturação Urbana de Cajazeiras – PB** Influenciada Pela Implantação e Expansão do Setor de Ensino Superior. Cajazeiras: UFCG, 2015. 89f.: il.

FIORIN, Tatiana Taschetto; ROSS, Meridiana Dal. **Climatologia agrícola /** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil, 2015. 82 p.: il.

GOMES, Y. B.; CARACRISTI, I. . Proposal of Meteorological Minishelter as a Subsidy for Research and Teaching of Climatology. **International Journal of Humanities and Social Science (ONLINE)**, v. 10, p. 94-100, 2020a.

GOMES, Y. B.; CARACRISTI, I. Clima urbano e percepção térmica dos moradores das pequenas cidades do semiárido: uma análise da cidade de Forquilha (CE). **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 13, p. 67-81, 2020b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Região de Influência das Cidades – 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 201p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/PZEE/_arquivos/regic_28.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2021.

_____. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php> acesso em: 22 ago. de 2021.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos municípios brasileiros 2015**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/munic2006/sel_tema.php?munic=250370&uf=25&nome=cajazeiras>. Acesso em: 07 abr. 2021.

_____. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação** / IBGE, Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 84p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LOPES, Diva Maria Ferlin, HENRIQUE, Wendel. **Cidades médias e pequenas: teorias, conceitos e estudos de caso**. Salvador: SEI, 2010. 250 p. il.

MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR**. 1994. 322f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

MENDONCA, F. A.; LIMA, N.; PINHEIRO, G. Clima Urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista GeoNorte**, v. 1, p. 626-638, 2012.

_____. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILEN, Abigail Ferreira. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO CLIMA URBANO DAS CIDADES MÉDIAS DO MEIO NORTE BRASILEIRO: O CASO DE BACABAL (MA)**. Dissertação de Mestrado. UVA. Sobral, 2018.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias n. 25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: IGEOG/USP, 1971.

MOURA, Marcelo de Oliveira. **O clima urbano de fortaleza sob o nível do campo térmico**, 2008. 318f.

MUNIZ, Francisco Gerson Lima; CARACRISTI, I. Urbanização, conforto térmico e análise sazonal microclimática da cidade de Sobral (CE). **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 17, n. 1, p. 4-17, Sobral/CE, Mar, 2015.

MUNIZ, Fco. Gerson L.; BRITO, Jamersson F. R.; CARACRISTI, Isorlanda. **Os estudos de clima urbano de pequenas e médias cidades do nordeste brasileiro**. João Pessoa, Anais do XIV SBCG, 2021, p. 245-559.

NASCIMENTO, Robson Patrick Brito do; BORGES, Rafael Henrique Maia And CHAGAS, Clay Anderson Nunes. **Violência e criminalidade: a dinâmica do território e a análise dos Homicídios no bairro do curuçambá, Ananindeua - PA**. Atena Editora – Curitiba, Brasil, 2017. p. 16 a 29.

NETO, Alvino Pereira da Silva. **Planejamento urbano e crescimento do município de Cajazeiras - PB de 1980 até 2015**. Cajazeiras: UFCG, 2015.

NUNES, Lucí Hidalgo. A escala nas ciências atmosféricas. **Revista IG São Paulo**, jan./dez./1998, 71-73 p.: il.

OLIVEIRA, José Aldemir de. A cultura, as cidades e os rios na Amazônia. *In: Ciência e Cultura*, Campinas: SBPC, v. 58, n. 3, p. 27-29, jul./set. 2006.

PRODANOV, Cleber Cristiano, FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**, 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMPAZZO, Camila Riboli. **Clima e produção do espaço urbano: contribuição ao estudo da Geografia do Clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília**. Presidente Prudente: [s.n], 2015. 304 f. 2.V.

RIBEIRO, Antonio Giacomini. **AS ESCALAS DO CLIMA**. BOLETIM DE GEOGRAFIA TEORÉTICA, Brasil, 1993.

RODRIGUES, Lucas Costa; LIMA JÚNIOR, Cristóvão Ferreira de; MEDEIROS, Wendell Fortunato de. **Discussão sobre planejamento e clima urbano**. I Congresso de Geografia e Atualidades - UNESP – Rio Claro, SP, julho de 2015.

SARAIVA, Jucier Ricarte. **Perfil topográfico em 3D e Mapa de localização dos pontos de coletas de dados em Cajazeiras – PB**. Cajazeiras-PB, 2022.

SAYDELLES, Alexandre Pistoia. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS**. / por Alexandre Pistoia Saydelles; orientador Maria da Graça Barros Sartori. – Santa Maria, 2005.

SÁ JÚNIOR, Arionaldo de. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. – Lavras: UFLA, 2009. 101 p.: il.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Cajazeiras, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrã o, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda - CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

SILVA, Andresa Lourenço da. Breve discussão sobre o conceito de cidade média.
Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá, v. 5, n. 1,
Maringá, 2013. p. 58-76.

SILVA, Moacir M. F. **Tentativa de classificação das cidades brasileiras.** Revista
Brasileira de Geografia - Ano VIII, N.o 3, Brasil, julho-setembro de 1946.

SOUSA, Klêdson Pinheiro de. **A expansão urbana de Cajazeiras-PB entre os anos
de 2009-2015.** Cajazeiras: UFCG, 2016. 53f. :il

SOUZA, José Adnaylor Pereira de. **Aspectos gerais da degradação das águas do
“Açude Grande” de Cajazeiras - PB.** Cajazeiras, 2015. 69f.: il.

Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e
Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010:**
volume Paraíba / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres.
Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

VASCONCELOS, Pedro de Almeida. As metamorfoses do conceito de cidade.
Mercator, v. 14, n. 4, Número Especial, p. 17-23, Fortaleza, dez. 2015.

VILELA, Jacqueline Alves. **Variáveis do clima urbano:** análise da situação atual e
prognósticos para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG, 2007. 213 f.:
il.

CONFORTO TÉRMICO: UMA ANÁLISE TEMPORAL NA CIDADE DE SOBRAL - CE

Michele Cunha Pontes
Mara Nadilly Oliveira Hanorato
Antonio Tiago Fonseca da Silva
Antonia Sinhá da Silva Gomes
Gilson de Oliveira Claudino

INTRODUÇÃO

É sabido a partir dos marcos históricos ambientais, e publicações a esse respeito, que apenas no início da década de 1970 as discussões sobre o risco crescente de degradação e colapso dos ecossistemas naturais e sociais tomaram um espaço exclusivo na agenda mundial, quando o Programa da ONU para o Meio Ambiente compilou uma série de marcos históricos ambientais, como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que teve suas bases definidas e foi criado após a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, em 1972, que é um importante marco ambiental na história mundial. A partir deste, várias datas marcantes se deram na agenda mundial para resolução de problemas ambientais onde as nações mais relevantes do globo se reúnem para decisões e elaboração de documentos que visem inspirar, informar e permitir que nações e povos melhorem sua qualidade de vida sem comprometer a das gerações futuras.

Os riscos das atividades humanas sobre o clima ainda é um assunto que necessita de atenção mundial e de uma reformulação estrutural, visto que, nos encontramos em um beco sem saída do colapso climático produzido pela ganância antropocêntrica. Tavares (2002) declara que o processo de urbanização conduzido pelo homem, é o principal agente modificador do ambiente e que as transformações na superfície tornam o clima, uma das variáveis mais importantes do meio natural, mais vulnerável, sofrendo sérios impactos.

Fialho (2007) observou como a humanidade molda a natureza, através do desenvolvimento tecnológico a fim de transformar o planeta Terra como um espaço social. Contudo, ainda conforme o autor citado, existem elementos naturais como o clima, que não permite ser controlado e percebe-se isso quando os fenômenos atmosféricos influenciam não só nos territórios, como também produz, melhor falando, põem à mostra as fragilidades e desigualdades sociais.

Nos grandes centros urbanos é onde se concentram as principais modificações na estrutura ambiental, modificações estas que estão diretamente ligadas à sua manutenção, impermeabilização do solo, canalização de recursos hídricos, supressão vegetal, alteração na superfície reflexiva com o uso excessivo de asfalto, entre outras modificações. Segundo Buccheri e Nucci (2006), o crescimento ininterrupto das áreas urbanizadas vem incentivando as alterações na paisagem. Dito isso, é inegável a forma como a urbanização modifica a paisagem e o clima local. Nunes (2003), alerta que nas últimas décadas as atividades antropogênicas estão perturbando a dinâmica natural do planeta e alterando seu equilíbrio físico-químico, sua superfície e a velocidade dos

seus processos. Por fim, Monteiro (1976) já afirmava que as alterações dos processos naturais associados com a dinâmica atmosfera são bem mais explícitas no ambiente urbano.

Diante disso, as cidades constituem a forma mais radical de transformação da paisagem natural, modificando sua morfologia, mas também, as condições ambientais e climáticas, gerando assim um espaço altamente antropizado, que de forma direta ou indireta resulta na degradação ambiental e na geração de um clima específico dos centros urbanos (LIMA, 2011). As modificações no *status quo* do ambiente nas metrópoles transformam as características climáticas locais de forma significativa alterando as partições dos fluxos de calor sensível (trocas térmicas secas) e de calor latente (trocas térmicas úmidas) (OKE, 1982).

Conforme Santos (2002) apud Cabral (1997), essas interferências antrópicas realmente afetam diariamente o balanço de energia entre a superfície e a atmosfera local, provocando alterações climáticas que se propagam na temperatura, na precipitação pluviométrica, na umidade do ar, na direção e na velocidade dos ventos, além de outros problemas.

As percepções de que as cidades influenciam o clima vem desde a era industrial e as preocupações em estudar o comportamento climático nas superfícies urbanizadas vêm desde o século XIX (TARIFA, 1977). Monteiro (1976), idealiza o clima específico dos centros urbanos como Sistema Clima Urbano (SCU), sendo esse um sistema singular, aberto, evolutivo, dinâmico, adaptativo e que possui autorregulação que compreende seu clima local e seu nível de urbanização. O autor enfatiza também que para a compreensão do sistema é necessário que haja uma simplificação alinhada às percepções humanas, dito isso, o autor definiu os canais de percepções que formam a estrutura geral do SCU, estes são: Conforto Térmico, Qualidade do Ar e Impacto e Hidrometeorológico. O conforto térmico pode ser definido como “o estado da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico” (ASHRAE, 2013 apud LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2011).

Nesse sentido, Ashrae (2001) define que a condição de conforto térmico é uma satisfação com o meio ambiente térmico, dessa forma, quando o balanço térmico de todas as trocas de calor for nulo e a temperatura da pele e produção de suor se mantiver dentro de um limite, o indivíduo experimenta a sensação de conforto térmico. O processo de percepção e produção do conforto térmico depende de muitas variáveis, podendo ser ambientais, fisiológicas, subjetivas, entre outras (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Os humanos são seres considerados homotérmicos, isso significa que independe da temperatura ambiente para manter a temperatura do corpo constante. O sistema termorregulador controla a quantidade de sangue que circula pelo corpo através da vasoconstrição e vasodilatação e, portanto, é responsável pelo controle da temperatura corporal. Essa atuação dos termorreguladores influencia no bem-estar térmico do corpo. (CARVALHO; MICHALOSKI, 2018).

A partir do que se entende por conforto térmico, surge à necessidade de melhor compreensão de estresse térmico. Santos e Castro (1998) define que Stresse é a condição de desequilíbrio entre a pessoa/meio ambiente. Os autores abordam o tema como sendo uma discrepância entre as exigências de uma determinada situação e a

falta de recursos do indivíduo. O estresse térmico é a exigência calorífica de um meio onde o indivíduo está inserido e a falta de capacidade do organismo do mesmo em realizar as trocas metabólicas necessárias para alcançar o equilíbrio térmico. O stress térmico pode se manifestar nos dois extremos do espectro sensorial da temperatura, tanto para o calor quanto para o frio (XAVIER, 1999; CARVALHO; MICHALOSKI, 2018).

Tendo em vista que o estresse térmico é uma consequência proveniente do conforto térmico, pode-se dizer que este é essencial para a manutenção do bem-estar do indivíduo e é de grande importância, pois influencia diretamente na sua qualidade de vida, mais especificamente a saúde corporal e psicológica.

Diante disso, neste trabalho é usado um dos subsistemas do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976), o subsistema termodinâmico, aderindo o conceito do canal de percepção humano sobre o conforto térmico, a fim de analisar as configurações térmicas da cidade de Sobral-CE. A análise deste subsistema teve como objetivo estudar as diferentes condições microclimáticas tendendo para discussão do conforto térmico urbano da referida cidade. A escolha desta cidade para o estudo se deve ao fato de que a mesma carrega em seu histórico a fama de registrar altas temperaturas ao longo do ano, principalmente no segundo semestre, período este de menor pluviometria na região.

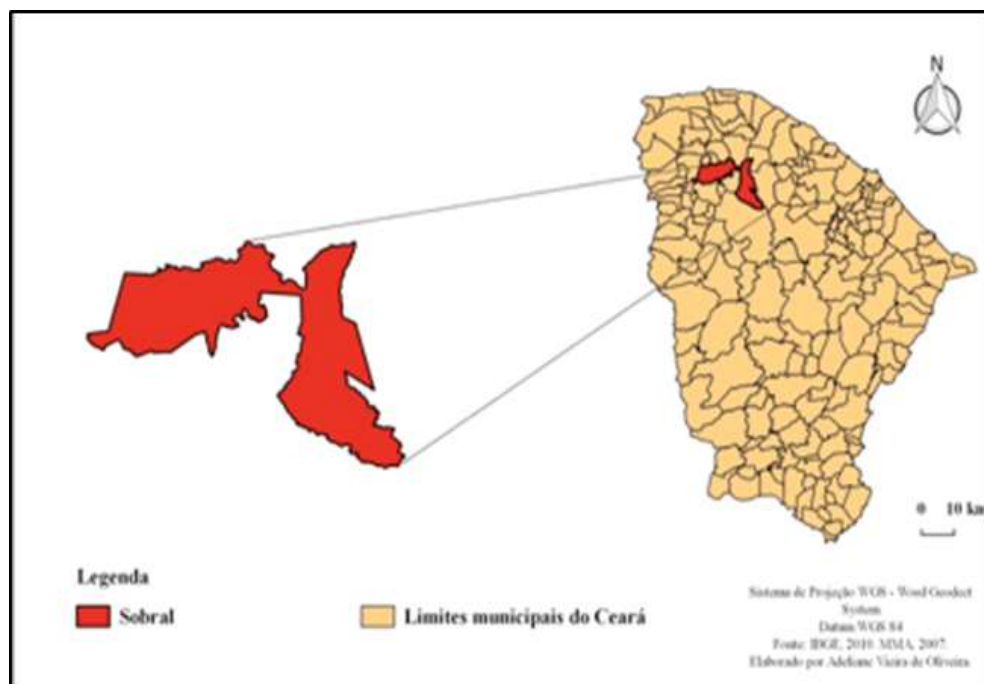
MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da Área de Estudo

Conforme o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2017), o município de Sobral está inserido na mesorregião do Noroeste Cearense e microrregião de Sobral (Figura 1), possuindo uma área territorial de 2.122,9 km² (IBGE, 2021). Localizado nas coordenadas geográficas 3^o41'10" de latitude Sul e 40^o 20'59" de longitude Oeste, situa-se em uma altitude de 69,49 metros em relação ao nível do mar, apresentando uma temperatura média entre 26^oC e 28^oC e pluviometria anual de 821,6 mm distribuídas entre os meses de janeiro a maio (IPECE, 2017).

A estimativa para a população sobralense no ano de 2021 era de 212.437 habitantes, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Ainda segundo o órgão citado, Sobral é o quinto município mais povoado do estado e o segundo maior do interior do estado, onde apresenta uma taxa de urbanização de 88,35%.

Figura 1 – Localização do município de Sobral no estado do Ceará



Fonte: Adaptado, Limites Municipais (IBGE, 2010).

Figura 2 - Vista aérea parcial da cidade de Sobral-CE



Fonte: Aragão (2017).

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com (IPECE, 2017), o município de Sobral apresenta um clima Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Semiárido Brando. A vegetação predominante é Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Mista Dicotillo-Palmácea, Floresta Caducifólia Espinhosa e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial.

O relevo do município de Sobral está inserido na denominada Depressão Sertaneja, com características de substrato rochoso cristalino e predomínio do intemperismo físico, devido às altas temperaturas (MUNIZ, 2015). Os solos em seu território são aluviais, bruno não cálcico, solos litólicos, planossolo solódico, podzólico vermelho-amarelo e regossolo. O município está localizado nas bacias hidrográficas do Acaraú, Coreaú e Litoral (IPECE, 2017).

Segundo Muniz (2015), o clima no município é bem típico do interior do Nordeste Brasileiro, apresentando altas temperaturas e baixa pluviometria principalmente no segundo semestre do ano, características da região que é popularmente conhecida como “Polígono das Secas”, e sofre a influência da massa tropical atlântica que ao chegar à região apresenta com pouca umidade.

Índice de Temperatura e Umidade

O estudo se desenvolveu a partir de dados coletados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) utilizando os registros da estação meteorológica situada na zona urbana de Sobral, de registro 82392. Foi utilizado como base os dados de temperatura e umidade diária de 2015 a 2020. Assim, calculou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), proposto por Nóbrega e Lemos (2011), no qual ele um avaliador do conforto térmico humano (Equação 1), para as médias mensais de todos os meses dos anos indicados.

$$ITU = 0,8 * Ta + \left(\frac{UR * Ta}{500} \right) \quad (1)$$

Onde:

ITU - Índice de Temperatura e Umidade;

Ta - temperatura dada em graus Celsius;

UR - umidade relativa do ar dada em fração decimal.

Após os cálculos, os resultados foram classificados de acordo com os intervalos propostos por Nóbrega e Lemos (2011), como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios para classificação do ITU.

NÍVEIS DE CONFORTO	ITU
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente desconfortável	24 < ITU < 26
Extremamente desconfortável	ITU > 26

Fonte: Nóbrega e Lemos (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados coletados de Temperatura e Umidade Relativa do Ar da cidade de Sobral pela Estação 82392 do INMET dos anos de 2015 a 2020, foram calculadas as médias aritméticas para cada mês ao longo destes anos, como mostrado na Tabela 2 e na Tabela 3.

Tabela 2 – Temperatura média mensal durante os anos de 2015 a 2020 na cidade de Sobral - CE

TEMPERATURA MEDIA, MENSAL (AUT)(Á°C)												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015						27,2	27,2	28,1	28,5	28,9	29,0	29,3
2016	27,1	26,7	27,3	26,5	27,1	27,7	28,0	28,5	28,8	29,4		
2017		26,4	25,5	26,2	26,3	26,6	27,2	28,2	28,7	29,2	28,5	28,8
2018	28,2	25,8	26,3	25,6	25,8	26,0	27,2	28,0	28,9	29,0	29,4	27,2
2019	26,9	26,3	25,5	25,8	26,1	26,4	27,1	28,0	28,6	28,8	29,3	29,3
2020	27,1	26,1	26,3	26,0	26,5	26,6	26,7	28,0	28,6	29,1	29,2	29,1

Fonte: Autores (2022).

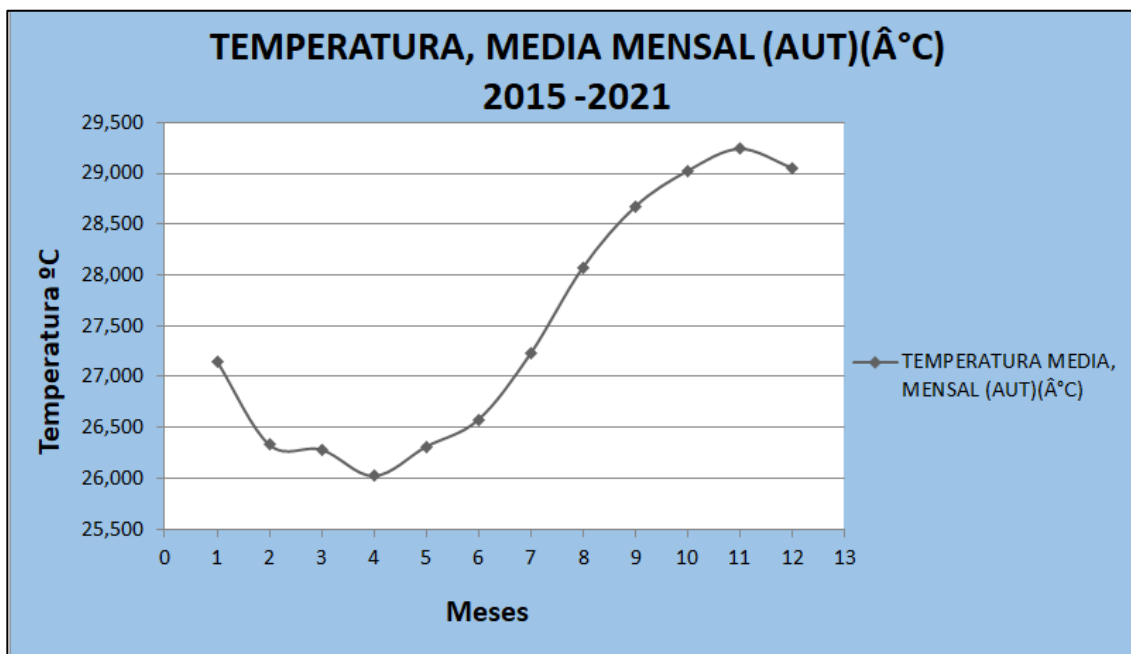
Tabela 3 – Umidade relativa do ar mensal durante os anos de 2015 a 2020 na cidade de Sobral - CE

UMIDADE RELATIVA DO AR, MEDIA MENSAL(%)												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	56,4	70,3	79,7	82,8	74,8	63,5	68,5	58,1	58,9	54,1	54,1	62,7
2016	76,1	78,3	73,7	81,9	77,4	66,8	66,2	56,3	65,2	54,7	56,4	68,1
2017	72,3	84,4	91,7	85,7	83,3	72,7	63,5	55,9	52,2	55,5	56,7	67,0
2018	64,0	86,5	84,3	87,4	84,4	73,7	73,7	61,3	55,3	56,6	55,6	77,2
2019	75,7	86,3	88,4	88,8	85,1	77,7	76,0	59,5	58,2	58,5	59,9	69,2
2020	81,0	89,7	90,5									

Fonte: Autores (2022).

Para uma melhor representação do comportamento da temperatura durante o ano, os dados calculados e obtidos de média mensal de Temperatura da cidade de Sobral foram analisados e a partir destes, obtêm-se os resultados apresentados no Gráfico 1 e suas devidas correções de dados vistas na Tabela 2 anteriormente, visto que os espaços sem dados requisitaram tratamento, pois estas falhas de preenchimento podem comprometer o resultado de dados obtidos, caso não sejam tratados de forma satisfatória.

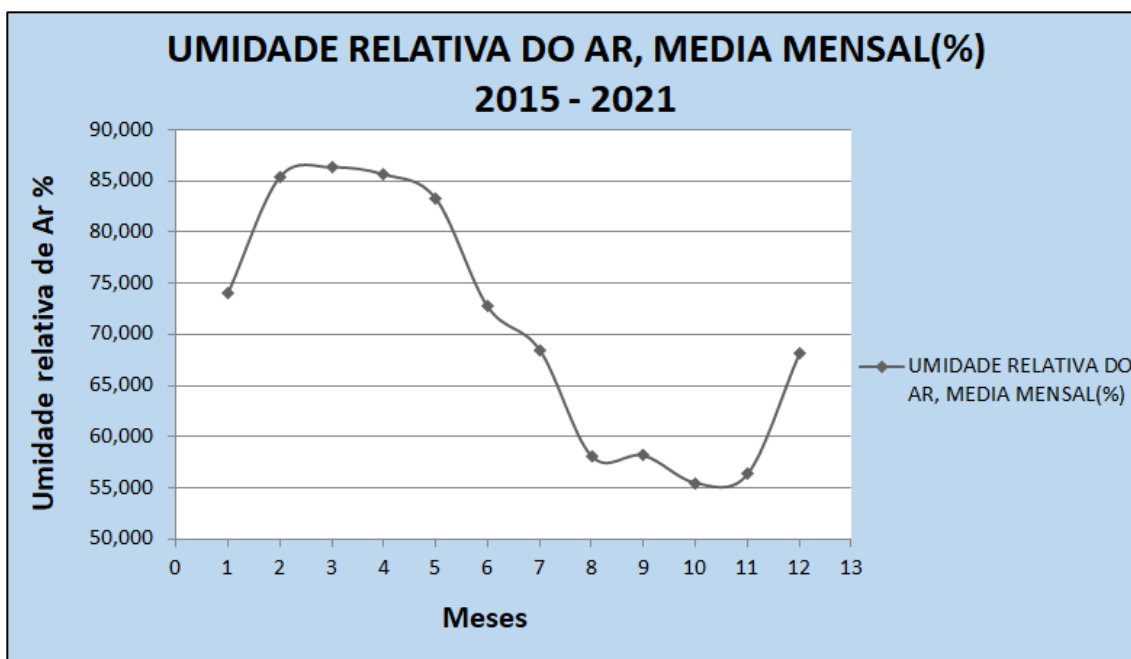
Gráfico 1 - Temperatura média mensal nos anos de 2015 a 2020 em Sobral - CE



Fonte: Autores (2022).

No Gráfico 2 estão inseridos os resultados referentes à umidade relativa do ar média mensal em porcentagem e também foram acrescentadas suas devidas correções de dados vistas na Tabela 3 anteriormente, visto que os espaços sem dados requisitaram tratamento.

Gráfico 2 - Umidade relativa do ar média mensal nos anos de 2015 a 2020 em Sobral - CE.



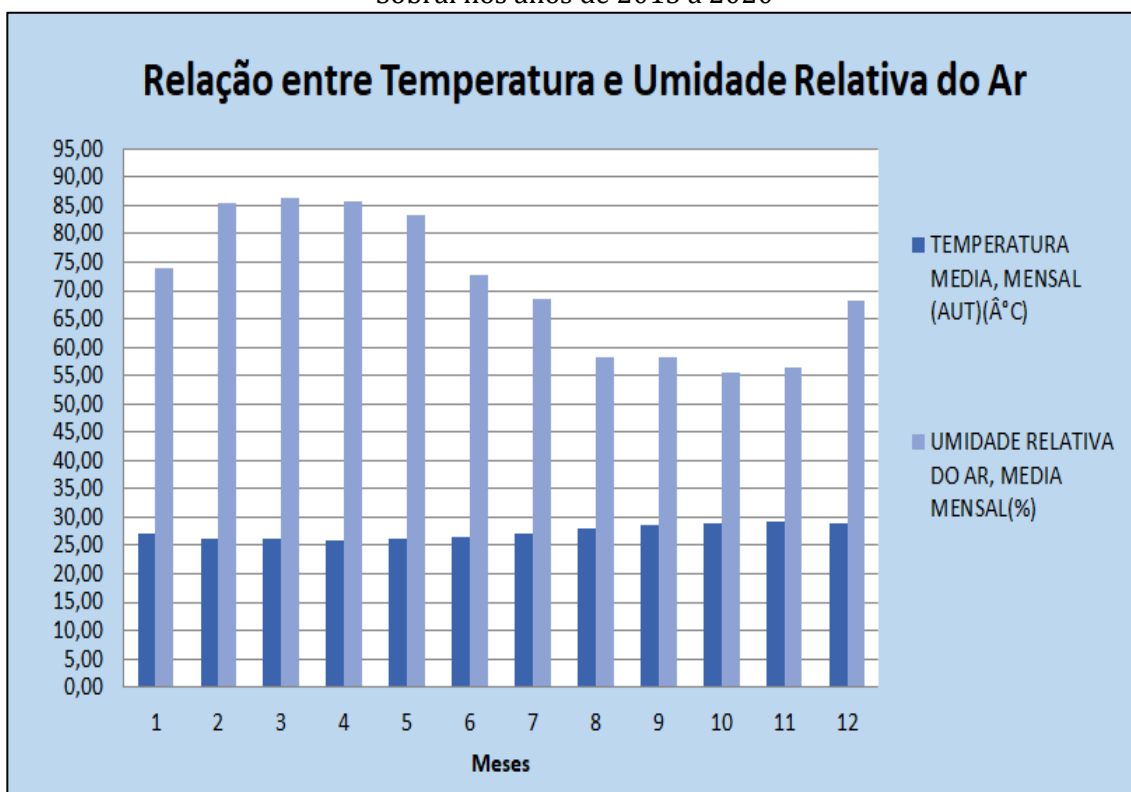
Fonte: Autores (2022).

Através dos gráficos 1 e 2, é possível observar que as maiores temperaturas são registradas entre os meses de agosto a dezembro, e as menores umidades no mesmo intervalo de tempo. A temperatura durante o período de tempo analisado se mostrou inversamente proporcional à umidade. De acordo com Santos et al. (2015), condições de temperaturas altas ocasiona o aumento do metabolismo celular do organismo, como também a produção de calor, de forma que o organismo começa a apresentar sintomas como intensa sudorese e alterações na respiração e frequência cardíaca.

Já a presença de umidade no ar, seja em maior ou menor grau, influencia nas temperaturas, no regime de chuvas, na sensação térmica e até mesmo na saúde humana. Pois conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2012) o nível ideal de umidade para o ser humano está entre 40% e 70%, e quando se está abaixo de 30% é considerado como situação de alerta e os prejuízos para a saúde se tornam mais graves.

No Gráfico 3 estão inseridos os dados de Temperatura e Umidade do Ar, para análise de correlação entre ambas as variáveis deste estudo.

Gráfico 3 - Relação entre a temperatura e umidade relativa do ar mensal para a cidade de Sobral nos anos de 2015 a 2020



Fonte: Autores (2022).

Conforme os dados de média mensal apresentados na Tabela 2 e 3, foi possível calcular e classificar o ITU e assim obter o conforto térmico no decorrer desses anos. A Tabela 4 mostra os resultados dos valores de ITU, que variaram entre 25 e 27.

Tabela 4 - Valores do ITU nos anos de 2015 a 2020 na cidade de Sobral - CE.

VALORES DE ITU												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015						25,2	25,5	25,8	26,2	26,2	26,4	27,1
2016	25,9	25,5	25,8	25,5	25,9	25,8	26,1	26,0	26,8	26,7		
2017		25,6	25,0	25,5	25,4	25,1	25,2	25,7	25,9	26,6	26,0	26,9
2018	26,1	25,1	25,5	25,0	25,0	24,6	25,8	25,8	26,3	26,4	26,8	25,9
2019	25,6	25,6	25,0	25,3	25,3	25,3	25,8	25,7	26,3	26,4	26,9	27,5
2020	26,1	25,5	25,8									

Fonte: Autores (2022).

A Tabela 5 apresenta a respectiva classificação do ITU para os meses estudados.

Tabela 5 - Classificação do ITU anos de 2015 a 2020 na cidade de Sobral - CE

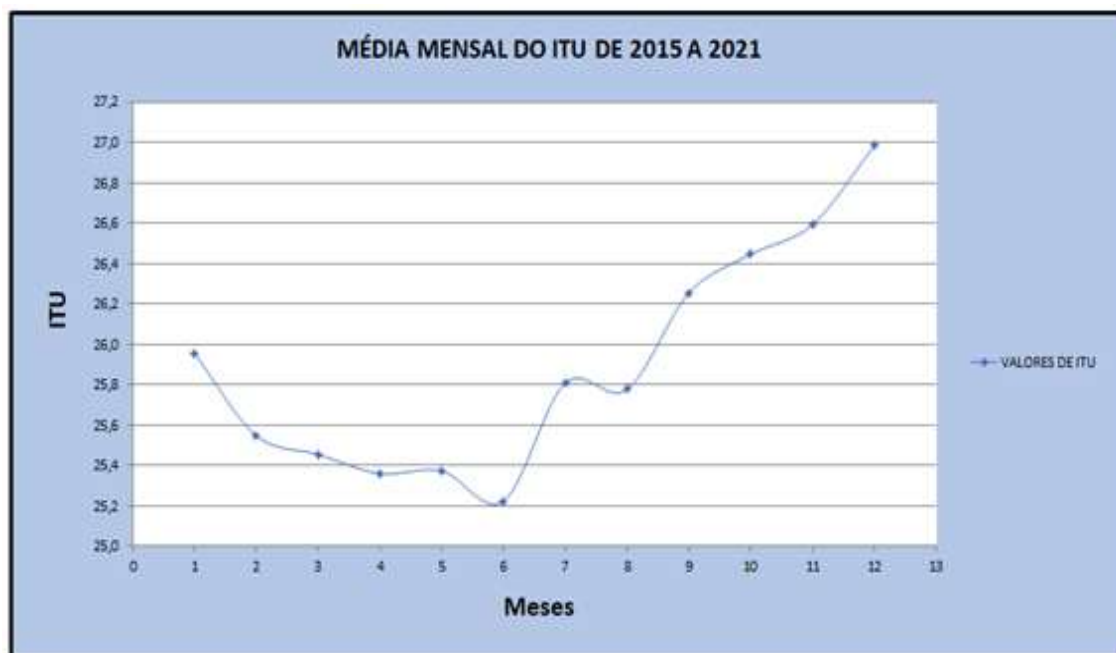
CLASSIFICAÇÃO ITU						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	-	Levemente desconfortável	-	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável
Fevereiro	-	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável
Março	-	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável
Abril	-	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	-
Maió	-	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	-
Junho	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	-
Julho	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	-
Agosto	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	Levemente desconfortável	-
Setembro	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	-
Outubro	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	-
Novembro	Extremamente desconfortável	-	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	-
Dezembro	Extremamente desconfortável	-	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	Extremamente desconfortável	-

Fonte: Autores (2022).

Mediante aos resultados apresentados na Tabela 5, observa-se que ao longo do intervalo entre os meses de janeiro a agosto predominou um conforto térmico levemente desconfortável, enquanto nos meses seguintes, de setembro até dezembro, o índice se mostrou extremamente desconfortável. Isso acontece devido ao fato de que à medida que os meses avançam ao longo do ano as temperaturas se elevam (Gráfico 1) e os meses de setembro a dezembro é um período caracterizado pelas altas temperaturas em vista a baixa pluviometria. Esses resultados de desconforto térmico corroboram com o trabalho de Muniz (2019), que afirma em seu estudo que a população de Sobral vivencia o desconforto térmico diariamente, e esse desconforto térmico é sentido em todos os espaços da cidade. O autor ainda aponta que as grandes transformações urbanas na cidade têm colaborado com esse desconforto.

O Gráfico 4 ilustra os resultados da Tabela 4 referente aos valores de ITU ao longo dos anos dos quais foram submetidos ao estudo.

Gráfico 4 - ITU média mensal nos anos de 2015 a 2020 em Sobral - CE



Fonte: Autores (2022).

Há de ser esclarecido que em alguns meses observa-se que há a ausência de dados fornecidos pelo INMET, como no ano de 2020, que a umidade relativa do ar existe informações apenas nos meses de janeiro, fevereiro e março. Com relação as informações referentes a temperatura, alguns meses nos anos de 2015, 2016 e 2017 também não foram demonstrados. A ausência de tais informações pode acontecer pelo não funcionamento da estação naquele determinado período em que as falhas aconteceram.

Diante de tudo o que foi apresentado, percebe-se resultados alarmantes quanto ao conforto térmico em Sobral, corroborando com os resultados de outros trabalhos

realizados nessa linha de pesquisa. A importância da pesquisa científica busca ajudar a população e os órgãos públicos a tomarem ações que visem a amenização da temperatura na cidade.

Isso já tem sido observado, pois recentemente houve a troca da pavimentação asfáltica das principais ruas do centro histórico da cidade por blocos de concreto intertravados, beneficiando o microclima local com a diminuição do calor.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no estudo, verifica-se um cenário alarmante na cidade de Sobral - CE, pois ao longo de todo o período estudado, praticamente não há amenização no conforto térmico da cidade, uma característica bem natural de ambientes tropicais que são capazes de gerar um desconforto térmico devido o aumento de calor que se intensifica com o crescimento territorial das áreas urbanas.

Entende-se como necessário e urgente a tomada de ações como maior plantio de vegetação na cidade, em vista essa suavizar a temperatura e a intensidade das ilhas de calor, além de aumentar a umidade do ar, pois as copas das árvores protegem a superfície ensombrada da radiação solar direta. As áreas verdes urbanas, como parques e jardins urbanos são alternativas, em vista essas áreas proporcionarem temperatura bem mais amenas dentro das cidades, sendo uma importante medida de mitigação para apaziguamento das temperaturas elevadas.

Entretanto, para mudar mais consistentemente a situação, seriam necessárias demais medidas mitigadoras em conjunto com as já adotadas pelo município para amenizar os danos e desconforto causados pelas altas temperaturas e baixa umidade do ar, como o incentivo ao uso de materiais com alto albedo nas edificações residenciais, comerciais e públicas, bem como manutenção de aumento de áreas alagadas, como lagoas, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, F. **Sobral: Cultura, Progresso e Desenvolvimento no Interior Cearense**. Disponível em: <https://cearapraias.com.br/sobral-cultura-no-interior-cearense>. Acesso em: 06 de fev. de 2022.
- ASHRAE. **Fundamentals Handbook. American Society of Heating, Ventilating and Air Conditioning Engineers**. Atlanta. USA. 2001.
- BUCCHERI, F.A.T; NUCCI, J. C. Espaço livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro alto da XV, Curitiba – PR. **Revista do Departamento de Geografia**, v.18, p. 48 -59. 2006.
- CARVALHO, M, T, S; MICHALOSKI, A, O. **Fatores que influenciam no conforto térmico no ambiente do trabalho: uma revisão sistemática**. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23358>. Acesso em: 30 de maio de 2022.
- CAVALCANTE, F.M.S; ANJOS, I.B.M; FIQUEREDO, M.L; SOUSA, V.A; NOGUEIRA, V,F.B. Análise do índice de calor e desconforto térmico na cidade de Caicó-RN. *In: II CONIDIS: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido*, 2017. Campina

Grande – PB. **Anais do II CONIDIS: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**. Campina Grande. Editora Realize, 2017. p. 1-8.

FIALHO, E. S. **Inconstâncias Climáticas: Uma discussão Conceitual**. Rio de Janeiro. Tamoios. Ano III. 2007.

GARCIA, C. M. **Climatología Urbana**. Textos docentes 160. Edicions de la Universitatde Barcelona. Barcelona, 1999.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidade e Estados – Sobral**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/sobral.html>> Acesso em: 26 de mai. de 2022.

IPECE, Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal, Sobral**. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Sobral_2005.pdf. Acesso em: 06 de fevereiro de 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LIMA, G. N. **Características do Clima Urbano de Nova Andradina – MS**. 2011. 174 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente-SP, 2011.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MUNIZ, F.G.L; CARACRISTI. I. A percepção da população com o clima da cidade de Sobral – CE. **Revista Equador (UFPI)**, v. 8, nº 2, p. 449 – 467, 2019.

MUNIZ, F.G.L; CARACRISTI. I. Urbanização, Conforto Térmico e Análise Sazonal Microclimática da cidade de Sobral - CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 17, n. 1, p. 4-17, 2015.

NUNES, L. H. **Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global**. Terra Livre. Ano XIX, v. 1. São Paulo, 2003.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, p. 1-24, 1982.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Actas Oficiais de La OMS**. nº2, 2012. Disponível em <http://www.who.int/library/collections/historical/es>. Acesso em: 2 de mai. 2022.

SANTOS, A. M; CASTRO, J. J. **Stress. Análise Psicológica**, Lisboa, v. 1, n. 4, p. 675-675, 1998.

SANTOS, J. B.; AMORIM, R. F. C.; GOMES, H. B.; GERMANO, A. S. Análise temporal da sensação térmica nas cidades de Patos e São Gonçalo (Sousa), Paraíba, Brasil. **In:** II Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro. 2015. Campina Grande – PB. **Anais II WIASB**. Campina Grande – PB: Editora Realize, 2015. p. 1-8.

SANTOS, E. E. dos. **Uso e Ocupação do Solo e Enchentes Urbanas em Área Tropical: O Exemplo de Cuiabá/MT**. Cuiabá-MT: UFMT, 2002. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade), Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, 2002.

TARIFA, J. R. Análise Comparativa da Temperatura e Umidade na Área Urbana e Rural de São José dos Campos (SP). **Geografia**, v. 2, n. 4, p. 59 – 80, 1977.

TAVARES, R. O Clima de Sorocaba-SP: Aspectos Regionais, Locais e Urbanos. **In:** SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). O Clima das Cidades Brasileiras. Presidente Prudente: [s. n.], 2002.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º Grau na região de Florianópolis**. 1999. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

CLIMA E INUNDAÇÕES NA CIDADE DE SOBRAL (CE)

Caroline Maria Sá dos Santos
Isorlanda Caracristi

INTRODUÇÃO

O crescimento das populações nas áreas urbanas tem aumentado a utilização de água, na proporção inversa, o volume de água dos reservatórios vem diminuindo, de modo geral, no mundo, principalmente nas regiões semiáridas tropicais, comprometendo a qualidade dos reservatórios que se acentua devido à antropização que provoca eutrofização, assoreamento e poluição. Alguns aspectos como aumento da urbanização, desmatamento, depósito de resíduos sólidos, os despejos dos efluentes de origem doméstica, industrial e hospitalar, interferem no ciclo hidrológico e alteram as características naturais da água (SCHEREN, 2014).

O processo brasileiro de urbanização acelerado aconteceu depois da década de 60, gerando uma população urbana praticamente sem estrutura de saneamento básico, principalmente na década de 80, quando os investimentos foram reduzidos (TUCCI, 2003).

Com esse crescimento desordenado e acelerado das cidades, as áreas que eram consideradas de risco, como várzeas inundáveis, começaram a ser ocupadas, principalmente pelas populações economicamente mais carentes, trazendo como consequências prejuízos humanos, ambientais e materiais. Quando a frequência das inundações é baixa, a população ganha confiança e despreza o risco, aumentando a densidade urbana nas áreas afetadas (TUCCI, 2003).

A degradação por desmatamento, aterramento e poluição, é a principal causa direta da produção de risco em áreas fluviais e lacustres. A busca incessante e ecologicamente insustentável para uso e ocupação de novos espaços, torna o meio ambiente como alvo principal de modificações para atender à demanda consumista capitalista, que perdura desde a época da primeira revolução industrial.

Nesse contexto, o avanço da urbanização em países emergentes/subdesenvolvidos como o Brasil, ocasionou alterações no estado natural dos ambientes e dos cursos de água, assim como do clima local. Essas modificações influenciam no ciclo hidrológico, interfere na quantidade de água infiltrada, escoada superficialmente ou evaporada. Podendo, ocorre significativo decréscimo da infiltração e aumento da evaporação e do escoamento superficial (REIS, 2011).

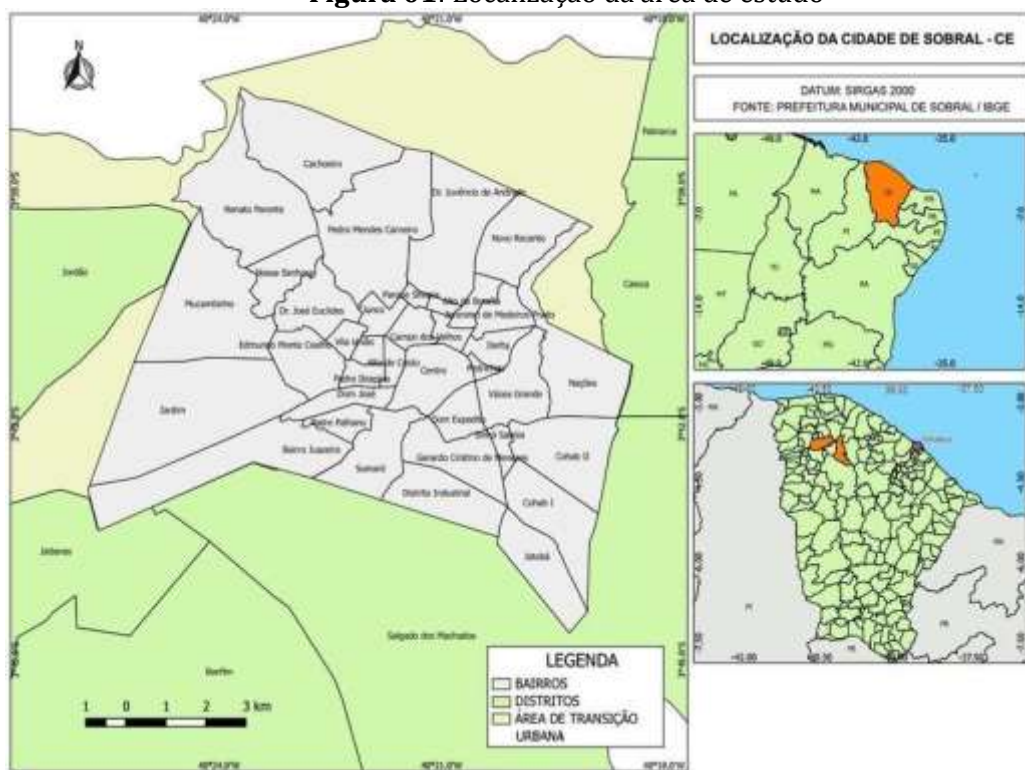
As inundações se tornam um problema hidrológico quando os fatores como, a impermeabilização do solo, desmatamento, adensamento populacional desordenado, as variações climáticas, passaram a ser determinantes, para definir a suscetibilidade de cheias. As cheias naturais acontecem independente da intervenção humana; quando os efeitos das cheias naturais são atenuados em consequência da atuação antrópica, as enchentes são denominadas naturais modificadas (SOUZA, 2017).

Amaral e Ribeiro (2019), destacam que a magnitude e a frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de

infiltração do solo, do grau de saturação do solo e das características morfoométricas e morfológicas da bacia de drenagem. Desse modo, áreas da cidade de Sobral foram analisadas e apresentam susceptibilidade a alagamento, portanto se faz necessário um estudo científico que subsidie o poder público afim de fornecer dados para a população, sobretudo, para a população mais vulnerável.

A área de estudo do presente trabalho, está localizada na região noroeste do Ceará (Figura 01), a 235 quilômetros de Fortaleza. Situada na Latitude (S) 3° 41' 10" e Longitude 40° 20' 59". Possui uma área absoluta de 2.122,9 quilômetros quadrados, com uma população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2020, de 270.711 habitantes. Possui o clima Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente e Semiárido brando, com chuvas de janeiro a maio, e temperatura média anual de 30°C e pluviosidade média anual de 821,6mm.

Figura 01: Localização da área de estudo



Fonte: Prefeitura da Cidade de Sobral (2021).

A cidade de Sobral está inserida no contexto geológico da Província da Borborema, que consiste em diversas faixas de desdobramentos. A Província está situada a Norte do Cráton São Francisco, delimitada a leste e norte pelo Oceano Atlântico e a oeste pela Bacia do Parnaíba. Ela é dividida em três segmentos tectônicos denominados de Subprovíncia Setentrional, Subprovíncia da Zona Transversal ou Central e Subprovíncia. A Subprovíncia Setentrional é constituída pelo Domínio Médio (URSULINO, 2013).

Na área de Sobral são encontrados os tipos de solo: Bruno Não-Cálctos (NC7, NC15), Litólitos Eutróficos (Re3, Re6, Re14, Re15, Re25, Re26), Planossolos (PL6), Podzólicos

Vermelho Amarelo (PE5, PE14, PE27), Regossolos (REe3), Aluviais Eutróficos (Ae3) e Afloramentos de Rochas (MEDEIROS, FRANCISCO e TAVARES, 2011)

O substrato geológico é constituído, essencialmente, por rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses, xisto, quartzitos, calcários e granitos, de idade pré-cambriana, sobrepostas por conglomerados, arenitos, grauvacas, argilitos, argilitos e rochas vulcânicas do Eo-Cambriano, além de sedimentos arenosos a arenos-argilosos, inconsolidados, que constituem as coberturas elúvio-colúviais e aluviais cenozóicas (MEDEIROS *et al*, 2011). Tal substrato é predominantemente impermeável, produzindo um sistema de drenagem dendrítico, com baixo fluxo de infiltração e poucos reservatórios de águas subterrâneas.

A cidade de Sobral está inserida na Bacia hidrográfica do Rio Acaraú, em conjunto com Aracatiaçu, constituem os principais cursos d'água que drenam a região. Predomina na região o Domínio das Caatingas, de vegetação xerófitas e caducifólias, de estrato, de modo geral, arbustivo. Os rios são intermitentes, secando na estação de estiagem (segundo semestre do ano), com exceção dos rios perenizados pela açudagem, como o Rio Acaraú. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará (SRH, 1992), o nível de açudagem estimado na época era de 104 açudes, com capacidade total de cerca de 41,959 hm³. De destaque no município tem-se o açude Aires de Souza, com capacidade para armazenar até 104,43 hm³.

AS INUNDAÇÕES URBANAS

As enchentes e inundações, não são sinônimos de catástrofes. São fenômenos naturais dos rios e outros corpos de água; todo e qualquer rio tem sua área natural de inundação. As inundações passam a ser um problema para o homem quando deixa de respeitar os limites naturais do sistema fluvial. A urbanização agrava os efeitos da chuva trazendo consigo o conceito de canalizar e tornar subterrâneo tudo o que se quer esconder (ENOMOTO, 2004).

A falta de gerenciamento dos aspectos de inundações dentro do desenvolvimento urbano é comum. As áreas ribeirinhas de risco não deixarão de ser ocupadas, caso não se mude o modo de (re)produção do espaço urbano. Após as ocupações das bacias, as soluções são sempre muito caras e complexas, pois não existe espaço para reservatórios de detenção, a bacia já está urbanizada e as populações já se instalaram de forma inadequada (TUCCI, 1995).

Segundo Machado (2013), o excesso de água no solo provocado pela inundação temporária ou contínua é considerado um estresse abiótico que influencia na composição das espécies, na produtividade das comunidades de plantas; promove uma série de mudanças químicas, físicas e biológicas que alteram a capacidade do solo para suportar o crescimento das plantas.

Em Sobral, ocorreram e ainda ocorrem inundações, muitas delas com grandes impactos socioeconômicos, como a que ocorreu em 2009. Várias medidas foram tomadas, mas nenhuma teve eficiência significativa no sentido de mitigar os impactos, principalmente aqueles que envolvem as populações carentes que ocupam as margens do rio Acaraú. Na figura a seguir na primeira imagem é a inundação que ocorreu na Margem Esquerda do Rio Acaraú em 2009, a segunda imagem são as águas do Rio normalizadas.

Figura 02: Inundação na cidade de Sobral



Fonte: Monteiro, Neto, Lima, Paula (2016)

Desse modo, compreende-se que as inundações são uma das mais dramáticas interações entre o homem e o seu ambiente, pois são eventos que envolvem frequentemente áreas urbanas, muitas vezes extremamente populosas. Destacando que as condições de segregação socioespacial expõem ao risco populações de baixa renda que se instalam nas planícies de inundação ou locais suscetíveis a inundação. Saber conviver com as inundações através da mitigação técnica dos seus impactos adversos e da redistribuição socioespacial das populações vulneráveis para áreas não suscetíveis às inundações, são medidas que devem ser tomadas pela sociedade civil e órgãos públicos, por meio de um planejamento urbano e ambiental interligados (SOUZA, 2017), associados a programas públicos governamentais de distribuição de renda e de moradia.

A INFLUÊNCIA DO CLIMA NAS INUNDAÇÕES URBANAS

O clima compõe uma importante parte no estudo das áreas urbanas, em particular o clima urbano de grandes e médias cidades, é uma pauta fundamental na compreensão dos problemas urbanos, na sua gestão e mitigação no presente e futuro. O clima tornou-se foco de inquietações e questionamento dos mais diversos setores da sociedade, compondo uma das principais preocupações o acontecimento dos eventos extremos.

Monteiro (1975), em sua tese de livre docência, descreve que o clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não podendo decidir sobre o ponto de concentração populacional ou a densidade de edificações em que essa notável mudança principia. A cidade modifica o clima através de alterações de superfícies, produzindo um aumento de calor, complementada por alterações na ventilação, na umidade e nas precipitações, que tendem a ser mais acentuadas.

Segundo Mendonça (2010), os riscos socioambientais de origem climática, respondem a uma condição de riscos naturais, que necessita de uma avaliação de sua ocorrência a partir da configuração climática de uma localidade. Portanto, identifica-se e analisa-se as condições climáticas da localidade, após abordar a manifestação de condições meteorológicas e climáticas excepcionais para determinar um melhor conhecimento dos riscos climáticos.

Compreender o clima urbano impõe a necessidade de compreender a dimensão das repercussões e dos impactos de fenômenos atmosféricos que ocorrem em um espaço geográfico produzido socialmente de forma desigual, em diversos níveis de vulnerabilidade e exposição aos perigos naturais (MUNIZ & CARACRISTI, 2015). O impacto climático é uma medida de recriação do espaço urbano, uma vez que o movimento acontece associado à ocorrência de um determinado evento, como as chuvas intensas, e sua recriação socioespacial; o evento se encaixa na forma disponível e mais adequada (JÚNIOR, 2018).

O clima é um dos fatores que também influencia na ocorrência de inundações. Podemos citar o nosso clima tropical, a existência de um período chuvoso, com concentração de chuva em um período do ano, mais a precipitação irregular, inserida no mesmo período chuvoso, com dias ou horas de chuvas intercaladas de períodos curtos de estiagem. Segundo Santos (2012), este processo ocorre porque nas chuvas intensas a infiltração é reduzida, o que faz com que a água da chuva chegue aos canais fluviais mais rapidamente e em maior quantidade, acontecendo uma vazão de cheia significativa.

Com as variações climáticas, uma equipe de pesquisa internacional, cientistas da Newcastle University, da University of East Anglia (EUA), do Tyndall Center for Climate Change Research e do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) em São Paulo, concluiu que os aumentos das chuvas extremas e inundações associadas devem continuar à proporção que as temperaturas globais estiverem aumentando. Aumentos nas taxas de chuvas extremas diárias foram observados globalmente e em escalas continentais ao longo do século XX e início do século XXI (ECODEBATE, 2021).

As mudanças climáticas, segundo Blenkinsop, Alves e Smith (2021), aumentam a intensidade das chuvas extremas, pois uma atmosfera mais quente contém mais vapor de água que pode chover, às vezes em um curto período. O movimento do vapor de água através da atmosfera, em tempestades, também é modificado. O aumento de chuvas extremas ao redor do mundo vem sendo observado; este aumento pode ser refletido na ocorrência e na magnitude das inundações, impactando severamente nas populações locais e na infraestrutura das áreas urbanas.

CONDICIONANTES DOS PROCESSOS DE INUNDAÇÃO

A probabilidade e ocorrência de uma inundação pode ser analisada pela combinação de condicionantes naturais e antrópicos. O estudo dos condicionantes naturais

permite compreender a dinâmica do escoamento de água nas bacias hidrográficas, de acordo com o regime de chuvas vigente. Dentre estes condicionantes podemos destacar: as formas de relevo, características das redes de drenagem da bacia hidrográficas; intensidade, duração e frequência das chuvas, características do solo e o teor de umidades, entre outras características naturais (AMARAL e RIBEIRO, 2009)

Reis (2011), cita em seu trabalho, que o estudo de condicionantes naturais ajuda a compreender a dinâmica do escoamento de água nas bacias, de acordo com os períodos de chuva. A várzea, planície de inundação, é uma área que periodicamente é atingida pelo transbordamento dos cursos de água, sendo uma local inadequado para habitação. Os vales encaixados e vertentes com altas declividades, proporcionam um escoamento mais rápido da água em um curto período, causando inundações bruscas e destrutivas. Em vales abertos, predispõem escoamento mais lento, devido ao gradiente de declividade ser menor.

ASPECTOS METODOLÓGICOS GERAIS

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa centraram-se na realização de um estudo sobre como o clima urbano da cidade de Sobral, influência nas áreas suscetíveis a inundação, realizando um mapeamento dos locais de ocorrência deste fenômeno.

No primeiro momento, foi realizado o levantamento do referencial bibliográfico, sendo baseado em trabalhos como o de Monteiro (1975), Medeiros (2010), Mendonça (2007) e Júnior (2018) como suportes gerais teóricos e Muniz & Caracristi (2019) para realizar o estudo do clima urbano da cidade de Sobral. Para o estudo sobre inundações foi utilizada bibliografia de Tucci (1995 e 2003), Santos (2007), Amaral e Ribeiro (2009), dentre outros autores que pesquisam sobre o tema.

Será realizada uma pesquisa com dados quantitativos, fazendo-se necessário um levantamento do histórico de chuvas extremas na região, assim como os locais que são vulneráveis ao fenômeno da inundação em Sobral, para assim ser desenvolvido um mapa com estas áreas de risco. Os mapas de risco de inundação são bastante úteis, pois permitem visualizar as áreas de risco de modo a tornar perceptível o espaço urbano e o sistema de drenagem como todo. Sua elaboração é técnica, mas é de fácil entendimento para a população, funcionando como suporte na política de prevenção e controle de inundações possibilitando a integração de programas voltados para educação ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Sobral, que é sede de município homônimo e está situada na região noroeste do estado do Ceará, enquadra-se nesse cenário onde as inundações ocorrem sempre que há episódios de chuvas mais intensas, pois está assentada no vale do rio Acaraú, mais precisamente às margens de seu médio curso.

Por isso, a importância de estudos que se dediquem a promover bases técnico-científicas voltadas à análise da relação entre os episódios de chuvas, as inundações urbanas e a vulnerabilidade socioambiental. Os mapas de riscos de inundação são importantes ferramentas técnicas.

O mapeamento permite visualizar as áreas de risco de modo a tornar perceptível o espaço urbano e o sistema de drenagem como todo. Sua elaboração é técnica, mas é

de fácil entendimento para a população, funcionando como suporte na política de prevenção e controle de inundações possibilitando a integração de programas voltados para educação ambiental.

Com as informações adquiridas, os resultados obtidos serão organizados e realizados relatórios para serem apresentados aos órgãos interessados, com o objetivo de ampliar o conhecimento a partir da realização desta pesquisa, para serem usufruídas da melhor forma buscando o desenvolvimento da região, melhorando a qualidade de vida população e contribuindo com as pesquisas para a universidade.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. 2009. **Enchentes e Inundações. In: Desastres Naturais, conhecer e prevenir.** Tominaga, L. K.; Santoro, J; Amaral, R. (Organizadores). Instituto Geológico, São Paulo. P. 40-53.
- BLENKINSOP, S., ALVES, L. M., SMITH, J. P.; **Climate chance increases extreme rainfall and the chance of floods.** Science Brief, Zenodo, p. 1-5, 2021.
- JÚNIOR, L. N.; **O clima urbano com risco climático.** GEO UERJ, N. 4, P. 1 – 34, Rio de Janeiro, 2018.
- ENOMOTO, C. F.; **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do Rio Palmital, Paraná.** (Dissertação de metrado), Curitiba - PR: Universidade Federa do Paraná, 2004.
- MACHADO, N. G.; **Efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de Vochysia divergentes Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-grossense.** Tese de doutorado, UFMG, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013.
- MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, R. M. F.; TAVARES, A. L.; **A Classificação e Análise das Indicações de Mudanças Climáticas no Município de Sobral – Ceará,** Revista Brasileira de Geografia Física 05, 2011, pag. 1056 – 1067.
- MENDONÇA, F.; **Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática.** Mercator. Fortaleza, v.9, número especial, 2010 **Mudanças climáticas aumentam chuvas extremas e a chance de inundações.** Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2021/06/07/mudancas-climaticas-aumentam-chuvas-extremas-e-a-chance-de-inundacoes/>. Acesso em: 26 de janeiro de 2022.
- MONTEIRO, C. A. F; **Teoria e clima urbano.** Tese à livre docência, Universidade de São Paulo, Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas. São Paulo, 1975.
- MONTEIRO, N. V. A.; NETO, R.; DE LIMA, J. W. S.; DE PAULA, D. P.; **Identificação das áreas de risco a inundações e enchentes na cidade de Sobral- CE.** Revista Equador (UFPI), v. 5, N.4 (Edição especial 3), p 2-22, 2016.

[MUNIZ, F. G. L.](#); CARACRISTI, I. . A Percepção da população com o clima da cidade de Sobral - CE. **Revista Equador**, v. 8, p. 449-467, 2019.

MUNIZ, Francisco Gerson Lima; I, CARACRISTI. Urbanização, conforto térmico e análise sazonal microclimática da cidade de Sobral (CE). **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 17, n. 1, p. 4-17, Sobral/CE, Mar, 2015.

REIS, P. E.; **O escoamento superficial como condicionante de inundação em Belo Horizonte, MG: estudo de caso da sub-bacia córrego do Leitão, bacia do ribeirão Arrudas**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Minas Gerais, 2011.

SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília:MMA , p. 192, 2007.
SCHEREN, R. S; **Urbanização na planície de inundação do Rio Gravataí – RS**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências, Porto Alegre, RS, 2014.

SOUZA, C. A. de; **Uso de geoprocessamento como subsídio à análise de danos ambientais e urbanos: geração dos mapas de potencial de impacto de inundação em caso de rompimento da UHE Santa Branca**. Dissertação de Mestrado, Potifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Rio de Janeiro, 2017.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T.; **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ ABRH. Rio Grande do Sul, p. 428, 1995

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1ª a Edição. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 150, 2003.

URSULINO, D. M. A; **Estudo Geoquímico de solos em áreas degradadas no município de Sobral (CE) com vistas á recuperação**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP de Rio Claro, 2013.