
Climatologia Geográfica

do local ao regional e dimensões
socioambientais

Organizadores

Marcelo de Oliveira Moura

Daisy Beserra Lucena

Camila Cunico

Christianne Maria da Silva Moura



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Reitor

VALDINEY VELOSO GOUVEIA

Vice-reitora

LIANA FILGUEIRA ALBUQUERQUE

Pró-Reitor PRPG

GUILHERME ATAÍDE DIAS



EDITORA UFPB

Diretor

REINALDO FARIAS PAIVA DE LUCENA

Chefe de produção

JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS FILHO

Conselho editorial

Adailson Pereira de Souza (Ciências Agrárias)
Eliana Vasconcelos da Silva Esvael (Linguística, Letras e Artes)
Fabiana Sena da Silva (Interdisciplinar)
Gisele Rocha Côrtes (Ciências Sociais Aplicadas)
Ilda Antonieta Salata Toscano (Ciências Exatas e da Terra)
Luana Rodrigues de Almeida (Ciências da Saúde)
Maria de Lourdes Barreto Gomes (Engenharias)
Maria Patrícia Lopes Goldfarb (Ciências Humanas)
Maria Regina Vasconcelos Barbosa (Ciências Biológicas)

Conselho científico

Maria Aurora Cuevas-Cerveró (Universidad Complutense Madrid/ES)
José Miguel de Abreu (UC/PT)
Joan Manuel Rodriguez Diaz (Universidade Técnica de Manabí/EC)
José Manuel Peixoto Caldas (USP/SP)
Letícia Palazzi Perez (Unesp/Marília/SP)
Anete Roese (PUC Minas/MG)
Rosângela Rodrigues Borges (UNIFAL/MG)
Silvana Aparecida Borsetti Gregorio Vidotti (Unesp/Marília/SP)
Leilah Santiago Bufrem (UFPR/PR)
Marta Maria Leone Lima (UNEB/BA)
Lia Machado Fiuza Fialho (UECE/CE)
Valdonilson Barbosa dos Santos (UFCEG/PB)

Editores filiados à:



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Marcelo de Oliveira Moura
Daisy Beserra Lucena
Camila Cunico
Christianne Maria da Silva Moura
(Organizadores)

CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA:
do local ao regional e dimensões
socioambientais

Editora UFPB
João Pessoa – PB

Direitos autorais 2020 – Editora UFPB
Efetuado o Depósito Legal na Biblioteca Nacional, conforme a
Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

Todos os direitos reservados à Editora UFPB

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal. O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do autor.

Projeto Gráfico
Editora UFPB

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C639 UFPB/BC	Climatologia geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais / Marcelo de Oliveira Moura... [et al.], (organizadores). - João Pessoa: Editora UFPB, 2020. 386 p. : il. E-book Formato: PDF Requisito do sistema: Adobe Acrobat Reader ISBN: 978-65-5942-012-4 1. Climatologia geográfica. 2. Geografia urbana. 3. Clima urbano – Estudo. 4. Mapeamento regional 5. Vulnerabilidade socioambiental I. Moura, Marcelo de Oliveira. II. Lucena, Daisy Beserra. III. Cunico, Camila. IV. Moura, Christianne Maria da Silva. V. Título. CDU 551.58
-----------------	--

Livro aprovado para publicação através do Edital Nº 01/2020/Editora Universitária/UFPB - Programa de Publicação de E-books.

EDITORA UFPB
Cidade Universitária, Campus I, Prédio da editora Universitária,
s/n João Pessoa – PB .• CEP 58.051-970

<http://www.editora.ufpb.br>
E-mail: editora@ufpb.br
Fone: (83) 3216-7147

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO9

PREFÁCIO16

PARTE I

CLIMA DAS CIDADES

CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA URBANA CRÍTICA DE SANTIAGO DO CHILE.....21

Hugo Romero

Flávio Henrique Mendes

OS ESTUDOS DO CLIMA URBANO NAS CIDADES AMAZÔNICAS44

Natacha Cíntia Regina Aleixo

João Cândido André da Silva Neto

INTERAÇÕES ENTRE ESCALAS CLIMÁTICAS NA CIDADE DE SOROCABA, SÃO PAULO64

Edelci Nunes da Silva

Paulo Lopes Rodrigues

Andressa Fernanda de Souza Pistili

TRANSECTO MÓVEL PARA ESTUDO DO CLIMA URBANO NA CIDADE DO CRATO, CEARÁ.....83

Juliana Maria Oliveira Silva

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

Francisco Bráz de Matos

Ticiano Moraes de Freitas

**MAPEAMENTO TÉRMICO DE CIDADE DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO
COMO CONTRIBUIÇÃO AO CONFORTO HUMANO..... 105**

Rebecca Luna Lucena

Alíbia Deysi Guedes da Silva

Raila Mariz Faria

**ESTUDOS DO CLIMA URBANO NA CIDADE DE MOSSORÓ, RIO
GRANDE DO NORTE..... 121**

Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva

Amanda da Mota Araujo

Letícia Gabriele da Silva Bezerra

PARTE II

CLIMATOLOGIA REGIONAL

**AS CHUVAS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA NORDESTINA SOB O
ENFOQUE DA ANÁLISE RÍTMICA 142**

Michael Douglas Barbosa Pereira

Marcelo de Oliveira Moura

**RITMO CLIMÁTICO E AS CHUVAS NO AGRESTE DA BORBOREMA,
NORDESTE DO BRASIL 161**

Gabriel de Paiva Cavalcante

Daisy Beserra Lucena

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

**PARTICIPAÇÃO DA ZCIT NO ESTADO DO CEARÁ: ANÁLISE
COMPARATIVA ENTRE “ANOS-PADRÃO” 179**

Lucas Pereira Soares

CHUVA HORÁRIA NO ESTADO DA PARAÍBA 199

Maressa Oliveira Lopes Araújo

Daisy Beserra Lucena

**PRECIPITAÇÃO PLUVIAL, EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E
ÍNDICE DE ARIDEZ NO SERIDÓ DA PARAÍBA 219**

Jório Bezerra Cabral Júnior

Rebecca Luna Lucena

**CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BALANÇO HÍDRICO DA
REGIÃO SEMIÁRIDA DA PARAÍBA 235**

Josivaldo Lucas Galvão Silva

Daisy Beserra Lucena

PARTE III

**RISCOS, VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E DESASTRES
HIDROCLIMÁTICOS**

**DESASTRES NATURAIS NO NORDESTE DO BRASIL: UM ENFOQUE SOBRE
AS SECAS E ESTIAGENS 255**

João Luís Sampaio Olímpio

**IMPACTOS HIDROMETEÓRICOS NO ESPAÇO URBANO DE JOÃO
PESSOA, PARAÍBA..... 275**

Natieli Tenório da Silva

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

AÇÃO POPULAR E GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES NA CIDADE DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA 295

Marcelo de Oliveira Moura

Diêgo Alan Mangueira da Silva

Camila Cunico

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E AS CONDIÇÕES SANITÁRIAS NO ESPAÇO URBANO DE BAYEUX, PARAÍBA 317

Floriza Maria da Silva Pereira

Camila Cunico

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO ESPAÇO URBANO DE ARAPIRACA, ALAGOAS 335

Juliete dos Santos

Leandro Antonio de Oliveira

José Lidemberg de Sousa Lopes

RISCOS ASSOCIADOS A EROÇÃO COSTEIRA NO ESTADO DA PARAÍBA .. 351

Christianne Maria da Silva Moura

José Charriere Gomes Pereira

SOBRE OS AUTORES 371

APRESENTAÇÃO

A Climatologia Geográfica é uma especialidade do conhecimento reconhecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Assim, segundo a “Árvore do Conhecimento” definida por essa agência, a Climatologia Geográfica é uma especialidade da subárea da Geografia Física, essa inserida na área da Geociências e na grande área Ciências Exatas e da Terra. Para além dessa “taxonomia” institucional do conhecimento, a Climatologia Geográfica foi um conhecimento historicamente construído pelo saber e o fazer geográfico. As principais matrizes teóricas e metodológicas dessa especialidade do conhecimento é um capítulo relativamente recente na história da ciência geográfica brasileira.

A perspectiva teórica e metodológica que fundamenta de forma majoritária os estudos de Climatologia Geográfica no país foi ofertada por um pesquisador brasileiro. Embora tenha sido fundamentada pelas ideias francesas de Maximilien Sorre e de Pierre Pédélaborde, todo um novo impulso metodológico

e refinamento teórico, além da condução de diferentes análises climáticas, foram realizadas e difundidas pelo eminente geógrafo brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro que, no início da década de 1960, trilhou uma linha de pesquisa no país com a noção de *ritmo climático*, ideia essa que contrapõe os tratamentos climatológicos através dos métodos separativos.

Em continuidade, ao elaborar um programa de pesquisa para o estado de São Paulo nas décadas de 1960 e 1970, Monteiro diversifica a verificação dos fatos climáticos com outros fatores importantes do complexo geográfico e projeta o ritmo climático para a compreensão dos problemas socioambientais regionais e urbanos como um eixo do programa. Foi nesse contexto que emergiu mais uma obra clássica do professor: **Teoria e Clima Urbano**.

Nessa teoria há uma preocupação do emprego holístico, que segundo seu formulador se reveste de uma associação de ideias fundamentais como ordem de grandeza, grau de organização e categoria hierárquica. O grande trunfo da teoria é a constituição de um modelo sistêmico para o estudo do clima das cidades; o **Sistema Clima Urbano (S.C.U)**.

O S.C.U é considerado como dinâmico, aberto, complexo, adaptativo e passível de autorregulação. A estrutura geral do S.C.U compõe hierarquias intercaladas horizontalmente e verticalmente, formando um nível de resolução geral que é o próprio clima da cidade, que admite também níveis de resolução intermediários. Os níveis que formam a estrutura do S.C.U podem ser representados por três canais de percepção humana: Canal I - Conforto Térmico; Canal II - Qualidade do Ar; e Canal III - Impacto Meteórico que se associam, respectivamente, aos seguintes níveis de resolução do sistema: Termodinâmico, Físico - químico e Hidrometeórico.

Além das contribuições do professor Monteiro, destacam - se as produções de mais dois geógrafos brasileiros que, na década de 2000, contribuíram de forma mais sistemática com outras perspectivas teóricas e metodológicas para a Geografia e a Climatologia Geográfica, tais como: o paradigma da **Geografia do Clima** proposto por João Lima Sant'Anna Neto e **Geografia socioambiental** e **Sistema Ambiental Urbano (S.A.U)** de autoria de Francisco de Assis Mendonça. Do mesmo modo, associações e aprimoramentos teórico - conceituais, novas técnicas e tecnologias aplicadas a

análise climática em diferentes contextos espaciais e temporais do território brasileiro foram desenvolvidos por outros pesquisadores que atuam em diferentes frentes da climatologia brasileira.

Sob o espectro das correntes teóricas/conceituais e metodológicas da Climatologia Geográfica brasileira é crescente o número de pesquisas e de formação de recursos humanos nessa especialidade do conhecimento. A expansão e a criação de programas de pós-graduação em Geografia, de modo mais vultoso nos anos das décadas de 2000 e de 2010, foram episódios relevantes para o atual nível de maturidade e consolidação da Climatologia Geográfica no país. Soma - se a isso, o principal canal de divulgação e de construção/ampliação desse saber: o **Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (SBCG)**, existente desde o ano de 1992.

Ainda sobre o fortalecimento da Climatologia Geográfica brasileira destacamos o papel da **Associação Brasileira de Climatologia (ABClima)**, entidade civil, de características técnico - científicas e profissionais, sem fins lucrativos criada no ano de 2000 na IV edição do SBCG na cidade do Rio de Janeiro.

Diante desse abreviado contexto da trajetória da Climatologia Geográfica brasileira apresentamos a coletânea ***“Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais”***. A coletânea reúne, principalmente, resultados oriundos de pesquisas desenvolvidas pelos membros do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) e do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA), ambos vinculados ao Departamento de Geociências (DGEOC) e ao Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

A coletânea também agrega contribuições de pesquisadores oriundos de outras Instituições de Ensino Superior (IES) da região Nordeste do Brasil (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Universidade Regional do Cariri - URCA, Universidade Federal de Alagoas - UFAL e Universidade Estadual de Alagoas - UNEAL) que são colaboradores de projetos de pesquisas desenvolvidos no CLIMAGEO/UFPB, além de pesquisadores de outras IES do Brasil e do Chile (Universidad de Chile, Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Universidade Federal de São Carlos -

UFSCar, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo - ESALQ/ USP, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN e Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN).

Portanto, a proposta dessa coletânea foi de reunir contribuições de pesquisadores que atuam direta e indiretamente no campo da Climatologia Geográfica, em especial, com pesquisas desenvolvidas na região Nordeste. Com a finalidade de associar as contribuições desses pesquisadores nos campos do saber de maior vazão da produção da Climatologia Geográfica, os capítulos que formam essa coletânea foram distribuídos em três partes: Clima das cidades, Climatologia regional e Riscos, vulnerabilidade socioambiental e desastres hidroclimáticos. Com isso, esperamos que o leitor possa se debruçar no conhecimento climático e socioambiental aplicados em diferentes contextos/espços geográficos.

Igualmente desejamos que a leitura dessa coletânea possa incentivar a realização de novos estudos climáticos e socioambientais a serem aplicados em outras espacialidades e temporalidades geográficas, ou mesmo possa despertar a

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais
reflexão do leitor sobre o saber e o fazer no campo da
Climatologia Geográfica.

Os organizadores.

PREFÁCIO

As interações entre a atmosfera e a superfície resultam no desenvolvimento de determinadas características climáticas, que colocam as pessoas mais vulneráveis socialmente em situações de risco.

Os estudos do clima são fundamentais pelas contribuições que podem oferecer à sociedade, pois os diferentes tipos de tempo interferem nos aspectos relacionados às dinâmicas naturais e humanas.

O excesso de precipitação ou a sua escassez, as temperaturas elevadas ou frio, os ventos extremos e a presença de poluentes na atmosfera, são situações registradas, em determinados tipos de tempo, que podem ser agravadas pelas ações da sociedade e pela forma como o espaço é produzido.

O estudo da atmosfera sempre foi um forte componente para a análise geográfica, que no processo de construção do conhecimento, tem demonstrado, cada vez mais,

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

preocupações diretas com o cotidiano da sociedade, levando-se em consideração as dimensões socioambientais.

A obra *“Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais”* traz importantes contribuições aos estudos da climatologia geográfica brasileira, pois reúne resultados de pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB e também conta com a participação de pesquisadores parceiros da Associação Brasileira de Climatologia (ABClima).

O livro está organizado em 18 capítulos agrupados em três partes: I – Clima das cidades; II - Climatologia regional; e III - Riscos, vulnerabilidade e desastres hidroclimáticos.

Os trabalhos apresentados contribuem para a compreensão da Climatologia Geográfica em diferentes níveis escalares, abordando-se tanto o recorte espacial como o temporal.

Na primeira parte, a escala local do clima é exposta em textos que versam sobre aspectos teóricos e metodológicos da climatologia urbana, além de questões relacionadas a construção social dos espaços climáticos urbanos.

Na segunda parte, a escala regional é privilegiada por meio de textos que tratam da análise da precipitação em áreas do Nordeste brasileiro. Para isso, foram considerados diferentes procedimentos, tais como: a análise rítmica, a definição de anos - padrão, o uso de índices de aridez e o balanço hídrico.

Na terceira parte, o foco está na identificação dos riscos, vulnerabilidade socioambiental e desastres hidroclimáticos, tanto na escala local, como na escala regional. Neste sentido, são apresentados textos que tratam, na escala regional, dos desastres naturais no Nordeste do Brasil provenientes das secas e estiagens, além dos riscos associados à erosão costeira e, na escala local, dos impactos hidrometeorológicos, da ação popular e gestão de riscos, de análises das condições sanitárias e de vulnerabilidade socioambiental.

A variedade de temas da Climatologia Geográfica, tratados nos diferentes capítulos, constitui um dos pontos positivos desta obra. As discussões, considerando-se as dimensões socioambientais em diferentes escalas de análise do clima, se configuram em instrumento importante para a compreensão das relações temporais e espaciais.

Trata - se de uma obra muito relevante não apenas para a comunidade científica da Geografia de maneira geral e da Climatologia em especial, mas também para os diferentes públicos que se importam com a interação entre a atmosfera, a superfície terrestre e a sua interferência no cotidiano da sociedade.

O livro é muito bem-vindo e parabênizo os organizadores e os autores pela iniciativa de sua publicação.

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

*Professora Livre Docente da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Presidente Prudente.
Diretora Presidenta da Associação Brasileira de Climatologia
(ABCLima), Gestão 2018 - 2020.*

PARTE I
CLIMA DAS CIDADES

CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA URBANA CRÍTICA DE SANTIAGO DO CHILE

*Hugo Romero
Flávio Henrique Mendes*

1. A construção social dos espaços climáticos urbanos

A discussão sobre os objetivos, características e métodos da climatologia geográfica devem-se relacionar com as propostas da geografia física crítica (LAVE, 2015) que aborda os problemas ambientais em geral, e os urbanos em particular, como sistemas integrados de estruturas e processos espaciais que unem condições biofísicas provenientes de subsistemas naturais, e socioeconômicas, pertencentes ao subsistema humano (SLAYMAKER, 2017).

A cidade é uma das principais construções da humanidade e apresenta severos problemas ambientais, dentre os quais se encontram os expressos pela climatologia urbana, ou seja, transformações do sistema atmosférico físico e químico que compõe a atmosfera que se localiza sobre, ao

interior e ao redor das cidades. Estas características atmosféricas e sua sucessão rítmica e habitual são causadas, ademais, pelas interações com o sistema social, representado no caso de Santiago por uma metrópole com mais de sete milhões de habitantes, que interpreta, gerencia e se apodera do clima como um bem e um serviço ambiental. Para os habitantes da cidade, o clima constitui parte de seu cotidiano e condiciona suas atuações, vestuários, natureza e tipos de casa, mobilidade, estado da saúde e expressões culturais de diversos tipos.

Pode-se supor que o clima urbano seja um serviço ambiental gratuito e, nesse sentido, um bem comum, disponível a todos os habitantes da cidade. No entanto, como Swyngedouw e Heynen (2003) declararam e Swyngedouw ratificou em 2018, esse tipo de elemento natural não existe na cidade contemporânea. Pelo contrário, todos os componentes do ambiente urbano, incluindo o clima e a qualidade do ar, são privatizados e comodificados, e estão dominados por modelos econômicos neoliberais aplicados na América Latina. O acesso a um clima benéfico dentro da cidade, isto é, seguro e saudável, depende da disponibilidade de renda econômica para adquirir a

parte do território e sua coluna de ar anexa e inclusa. Os climas urbanos constituem mais um produto daqueles que conformam cidades como Santiago do Chile, são constituídos por um mosaico de paisagens cujo conteúdo e qualidade são muito diversos entre os setores ricos e pobres que o compõem.

Os climas urbanos participam intensamente do processo de desigualdade ambiental nas cidades latino-americanas (ROMERO, 2019a). Existem diferenças muito significativas na distribuição de temperaturas, umidade, ventos e níveis de concentração de poluentes atmosféricos dentro de Santiago. As ilhas, arquipélagos e ondas de calor, umidade e ventilação e os locais mais seguros contra riscos hidroclimáticos são distribuídos na cidade de acordo com o exercício do poder político pelos setores que dominam o projeto, o planejamento e a construção da cidade (ROMERO, 2019b), aproveitando as áreas climáticas mais adequadas para oferecê-las ao mercado a preços mais altos. As áreas que registram valores meteorológicos extremos, as maiores concentrações de poluentes e os maiores riscos de secas, inundações e aluviões constituem a habitabilidade concedida aos mais pobres, que frequentemente as ocupam como a única maneira de resolver

sua urgência de ter um espaço no meio da injustiça e da desigualdade também representado pelos climas urbanos.

Do imenso conjunto de Zonas Climáticas Locais que correspondem aos vários bairros de Santiago, várias classificações foram tentadas na escala da Camada Limite Urbana e das Camadas do Dossel Urbano (ROMERO, 2019a). Dessa forma, foi verificada a existência de dois principais climas urbanos, localizados no leste e oeste da cidade.

O primeiro, correspondendo especialmente aos bairros ricos, registram as temperaturas mais baixas, níveis mais altos de umidade do ar, altas taxas de vegetação, maior ventilação ao nível do solo e em altura e, conseqüentemente, menores taxas de poluição do ar. O clima urbano resultante é sinônimo de alta qualidade de vida, comodidades, densidades populacionais mais baixas e a existência predominante de jardins, parques e ruas arborizadas. Os valores climáticos registrados são construídos, apreciados e oferecidos no mercado como parte de projetos imobiliários que consideram cada um desses atributos e os traduz monetariamente no preço final de residências, escritórios e apartamentos residenciais em prédios altos. A escassez desse tipo de hábitat aumenta seu

preço, especialmente quando seus atributos climáticos favoráveis são comparados ao clima ruim predominante no restante da cidade. Em oposição, no setor ocidental da cidade, as habitações de alta densidade, sem espaços verdes, têm um número e extensão maiores de ilhas e ilhotas de calor, umidade e ventilação, o que influencia uma qualidade inferior de vida e saúde ambiental prejudicada.

Estudos recentes indicam que a diferença de anos de vida entre os dois setores pode chegar a 18 anos para mulheres e 8 anos para homens (BILAL *et al.*, 2019). Em um dia de poluição atmosférica máxima, as concentrações de Material Particulado registradas no setor ocidental podem exceder em quatro vezes os valores do setor leste (ROMERO, 2019a). Quando essas diferenças se tornam desproporcionais e localizadas nas áreas ocupadas pelos habitantes com maior vulnerabilidade socioeconômica, é reconhecida a existência de injustiça ambiental, ou, nesse caso, mais propriamente, injustiça climática. A climatologia geográfica crítica deve levar em conta essas injustiças e comprometer seu conhecimento para que se coloque fim à situação, que, pelo contrário, e em

tempos de compromissos nacionais e internacionais contra as mudanças climáticas globais, estão aumentando dia a dia.

O objetivo dos estudos de caso apresentados neste capítulo tenta reconhecer as diferenças climáticas observadas entre dois setores selecionados, porque representam urbanizações recentes nos dois tipos de clima urbano, nos setores pobres e ricos. O bairro Estación Central situa-se a oeste do centro histórico de Santiago e, como o próprio nome indica, surgiu da instalação do principal terminal ferroviário que ligava a capital às cidades do sul. É um bairro que era tradicionalmente ocupado por trabalhadores industriais e de serviços que viviam em casas unifamiliares compactas e baixas, com pequenas áreas verdes nos pátios e ruas.

Os últimos anos marcados pela globalização e a segregação socioambiental dos espaços urbanos levaram à crescente presença de complexos residenciais com vivendas unifamiliares no setor leste, bem como conjuntos de arranha-céus e densidades reguladas pelos respectivos planos de uso da terra comunais. Esses espaços também sempre foram ocupados pelas classes média e alta de Santiago e os valores

das casas podem duplicar ou triplicar aos correspondentes no setor ocidental (IRARRÁZVAL, 2012).

As necessidades de novos espaços urbanos implicaram um processo de densificação e crescimento espacial em direção às periferias da cidade. Os grupos de maior renda expandiram-se para a pré-cordilheira andina e para terras exclusivas, cada vez mais distantes do centro, que os forçam a se mobilizar em carros particulares, para os quais foram construídas rodovias urbanas que no caso de Santiago exigem o pagamento de pedágio para circular por elas.

Os setores sociais médio e baixo, pelo contrário, foram localizados primeiramente em áreas cada vez mais distantes do centro e, posteriormente, cada vez mais nas áreas pericentrais danificadas pelo meio ambiente. Como dependem do transporte público representado pelos serviços de ônibus e, principalmente, da Ferrocarril Metropolitano (Metrô), preferem estar localizados em bairros como Estación Central, que concentra alta acessibilidade aos dois tipos de transporte e, portanto, foi transformado nos últimos anos em um local exigido por todos aqueles habitantes, principalmente imigrantes, que necessitam de acesso aos locais de trabalho,

comércio e estudos localizados a poucas quadras do centro histórico ou a médias distâncias médias dos bairros ricos, igualmente bem conectados. Como resultado, nos últimos anos, empresas imobiliárias privadas construíram arranha-céus, compostos por apartamentos realmente minúsculos (17m^2), que mudaram os climas urbanos mais favoráveis típicos da urbanização anterior, em relação a outros, característicos de grandes complexos urbanos, formando verdadeiros desertos urbanos, altamente congestionados e poluídos pelas estradas de alta circulação que os atravessam. Por suas características sociais e diminuição da qualidade de vida, esses setores foram denominados "guetos" urbanos, em alusão às condições de segregação socioespacial concedidas pelo mercado a projetos especialmente projetados para esse segmento de clientes.

A transformação urbana do setor rico é representada neste estudo por uma seção no bairro Vitacura, a maior renda do país, onde são combinados edifícios de altura média separados por avenidas largas, com a existência predominante de áreas verdes correspondentes a pátios, parques, jardins e ruas arborizadas.

A partir deste estudo de caso é possível entender como os climas urbanos são socialmente construídos, levando em

consideração que os objetivos que permitiram a criação de tanta sorte de injustiça ambiental são explicados por razões políticas destinadas a favorecer a rentabilidade econômica da fábrica urbana. Parece ser uma tarefa irrevogável da climatologia geográfica urbana assumir seu papel crítico e socioambiental, fornecendo antecedentes científicos que capacitam comunidades afetadas não por um clima causado por fatores naturais, mas projetadas, construídas e gerenciadas para beneficiar apenas alguns habitantes da cidade.

2. Os métodos empregados para a análise do clima urbano

Atualmente, existem várias ferramentas disponíveis para analisar o clima urbano e simular seu comportamento:

1) Geoprocessamento: representa o conjunto de técnicas usadas para obter informações espaciais, ou seja, para descrever padrões de distribuição de atributos ambientais e cruzar dados de várias fontes, como imagens de satélite, topografia, GNSS (GPS e GLONASS) etc. que podem alimentar um Sistema de Informação Geográfica (SIG);

2) Desenho, implementação e exibição de dados em um SIG;

3) Imagens de satélite: são fundamentais no geoprocessamento, sendo adquiridas por sensoriamento remoto a partir de um satélite artificial;

4) Sensoriamento remoto: é uma técnica de obtenção e representação de dados da superfície terrestre de modo remoto, ou seja, sem contato direto, por meio de sensores especializados;

5) Sensores infravermelhos: outra ferramenta muito interessante são as câmeras termais e termômetros de superfície. Com raios infravermelhos, é possível ver o comportamento de diferentes superfícies urbanas e, assim, dispor de informações sobre a distribuição das temperaturas de diversos objetos e superfícies que compõem o meio ambiente urbano (Figura 1);

6) MultiSpec: *software* gratuito desenvolvido em Purdue (EUA), capaz de identificar e quantificar a distribuição das classes de uso e ocupação do solo por meio de análises espectrais das imagens. A banda do infravermelho facilita a análise da vegetação, realizada com o uso do MultiSpec;

7) ENVI-met é um modelo desenvolvido na Alemanha, sendo capaz de realizar simulações microclimáticas, incluindo atributos da

superfície terrestre que influenciam a origem dos climas, tais como tipos de vegetação e suas alturas (árvores, gramado etc.), de solos (asfalto, concreto, areia, água, etc.), o ar e as edificações com suas alturas (BRUSE; FLEER, 1998). A ele se adiciona um arquivo com dados microclimáticos de temperatura potencial, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento e umidade específica. Com estes dois arquivos (modelo e dados) é possível realizar simulações das condições climáticas locais.

Figura 1: Temperatura superficial em uma grande avenida, durante um dia quente de verão



Elaboração: os autores (2020).

No caso dos climas urbanos à escala de Zonas Climáticas Locais, as imagens de satélite permitiram reconhecer a distribuição das temperaturas superficiais, que correspondem ao calor emitido pelos diversos objetos da superfície terrestre ao interior dos setores da cidade, tais como edifícios, casas, áreas verdes e vias de circulação de transporte. À escala do dossel urbano dos setores selecionados na cidade de Santiago é importante ressaltar que, devido à localização desta ao interior de uma bacia ambiental cercada por cordilheiras, as simulações computacionais se tornam mais complexas. No entanto, proporcionam análises gerais que permitem identificar as potenciais mudanças no comportamento dos ventos e brisas no interior dos bairros, cujo comportamento é de suma importância para mitigar os efeitos das ilhas e ondas de calor e assegurar a capacidade da atmosfera de remover as concentrações de poluentes atmosféricos. As simulações foram feitas na Camada do Dossel Urbano com o *software* ENVI-met versão 3.1, conforme as recomendações de Mendes (2014).

A Figura 2 ilustra a morfologia das paisagens urbanas dos setores selecionados nos bairros Estación Central e Vitacura. Enquanto o primeiro apresenta 6,4% de seu recorte coberto por vegetação, o trecho de Vitacura atinge quase 44%. A seção Vitacura contém quase 7

vezes mais superfícies verdes que Estación Central. As superfícies construídas cobrem quase 20% a mais em Estación Central do que em Vitacura e o asfalto quase que dobra do primeiro em relação ao segundo (Tabela 1).

Figura 2: Vista aérea e distribuição das edificações e vegetação nos recortes dos bairros Estación Central e Vitacura



Fonte: Google Earth (esq). Elaboração: os autores (dir) (2020).

Os dados microclimáticos de entrada no modelo ENVI-met foram coletados pelo Aeroporto de Pudahuel, localizado a quase 20 km do centro histórico até o noroeste da cidade, para as médias de janeiro/2019, com ventos predominantes de direção sul (193°).

Tabela 1: Comparação do uso e cobertura do solo em cada recorte, feito no *software* MultiSpec

	Estación Central	Vitacura
Vegetação	6,4%	43,8%
Edificações	52,3%	33,7%
Asfalto	41,3%	22,5%

Elaboração: os autores (2020).

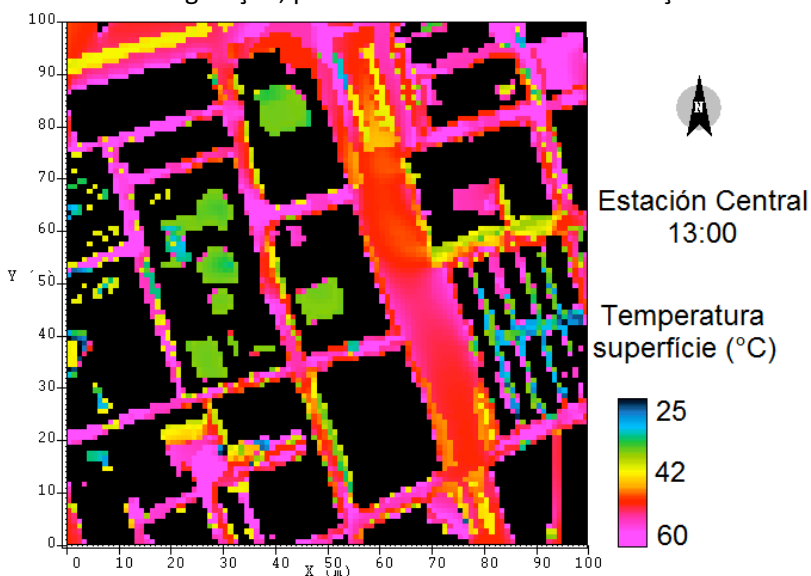
Para fins de simulação, foram considerados dois dias, descartando resultados do primeiro dia, para que o *software* fosse estabilizado. O processamento foi feito em um computador com processador Intel Core i5-3210M CPU @ 2,50 GHz e 4GB de RAM e levou aproximadamente 50 horas ininterruptas para cada área.

3. Diferenças nas estruturas urbanas e seu efeito sobre as temperaturas superficiais e a ventilação local

Enquanto as alturas dos edifícios no recorte de Estación Central variam entre 4 e 96 m, em Vitacura são menos altas e mais

homogêneas, fluando entre 5 e 50 m, aproximadamente, com exceção de um único edifício cuja altura atinge 75 m. Essas características dos edifícios são refletidas diretamente nas condições climáticas do dossel urbano, criando diferentes microclimas (OKE, 1978). As Figuras 3 e 4 indicam as temperaturas da superfície às 13h00 nos bairros, como resultado dos volumes e superfícies ocupados por materiais urbanos, que absorvem energia solar direta e pela contribuição de fontes móveis que circulam pelas ruas e avenidas.

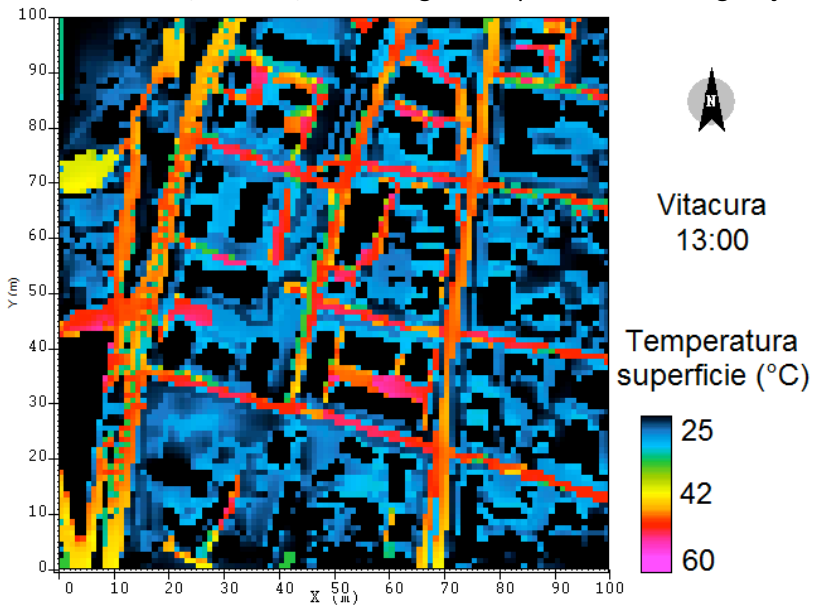
Figura 3: Temperatura de superfície em Estación Central, revelando muitas áreas quentes e corredores de calor, em vermelho, devido à ausência de vegetação, predomínio de asfalto e circulação veicular



Elaboração: os autores (2020).

Vitacura registra valores mais baixos de temperatura da superfície porque seus quarteirões são muito verdes, com jardins internos e ruas arborizadas. Os valores mais altos correspondem às temperaturas do asfalto, que variaram entre 45°C e 60°C, indicando a presença de corredores de calor, outra característica climática urbana causada pela infraestrutura necessária para a circulação de veículos e o calor emitido, que contribuíram pelo aumento incessante deles.

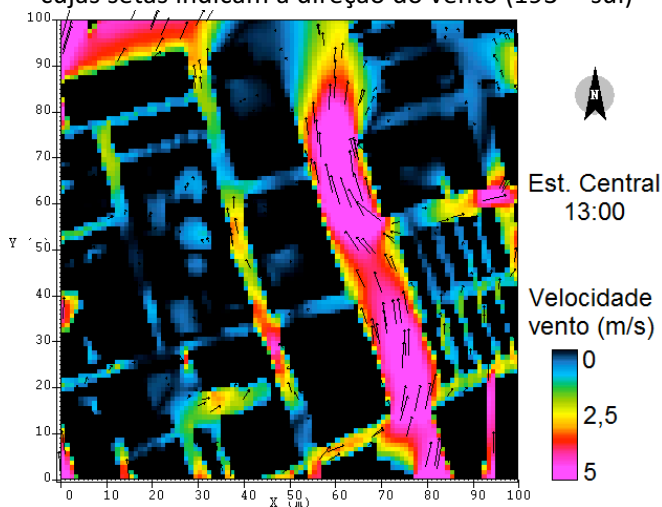
Figura 4: Temperatura de superfície em Vitacura, revelando muitas áreas de frescor, em azul, devido à grande quantidade de vegetação



Elaboração: os autores (2020).

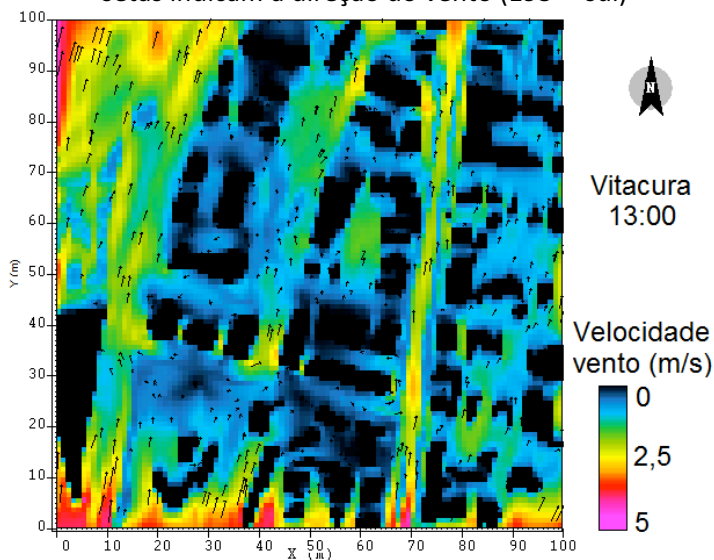
Igualmente quanto à ventilação, as áreas apresentaram comportamentos muito distintos e contrastados: ao nível do pedestre (2m), o bairro de Estación Central (Figura 5) tem uma ventilação mais irregular que Vitacura (Figura 6), devido ao desenho geométrico das ruas. Observa-se que as áreas menos ventiladas são vistas no interior dos complexos de edifícios de Estación Central, marcados por muitos cânions urbanos, com prédios altos e ruas estreitas, exceto a autopista localizada no meio do bairro, que é larga e sem vegetação.

Figura 5: Velocidade do vento a 2 m de altura em Estación Central, cujas setas indicam a direção do vento (193° - sul)



Elaboração: os autores (2020).

Figura 6: Velocidade do vento a 2 m de altura em Vitacura, cujas setas indicam a direção do vento (193° - sul)



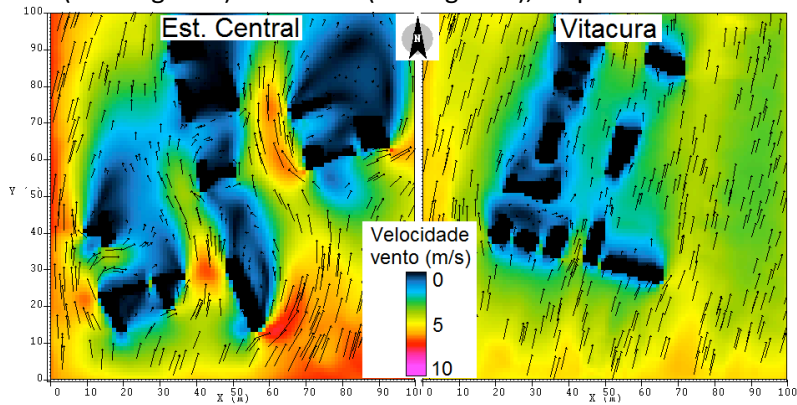
Elaboração: os autores (2020).

Também é notável o contraste entre os dois recortes da cidade ao comparar os campos de direção e velocidade dos ventos a uma altura de 10 m. Em Estación Central, vê-se claramente como os prédios praticamente eliminam a ventilação, gerando a sotavento dos altos prédios (áreas protegidas) as "zonas mortas" (ARISTODEMOU *et al.*, 2018) ou cavidades, uma vez que eles interromperam quase completamente os fluxos.

A velocidade simulada nessas áreas é muito baixa (1 m/s) em torno de seus prédios altos (entre 20 e 30 andares, que podem atingir até 100 m de altura), o que dificulta a dispersão de calor e poluentes atmosféricos, afetando o conforto e a qualidade dos climas urbanos. As principais avenidas e algumas partes das vias do bairro podem gerar corredores de vento orientados de acordo com a geometria das ruas. Dentro do tecido urbano só se nota a circulação de brisas ou ventos cuja baixa velocidade os torna imperceptíveis.

As áreas afetadas se estendem como amebas, cuja superfície depende da altura do obstáculo e que pode ser adicionada a outras áreas vizinhas. Em Vitacura, pelo contrário, ventos de velocidade em torno de 5 m/s cobrem quase toda a área urbana e os distúrbios produzidos pelos edifícios ocupam apenas poucas superfícies que fazem fronteira com outros prédios sem gerar as amebas mencionadas em Estación Central. Os perfis verticais do comportamento das camadas de ar em ambos os bairros indicam claramente o papel da frenagem desempenhada por prédios altos na Estación Central e a ausência de tais perturbações nos fluxos de ventilação no caso de Vitacura (Figura 7).

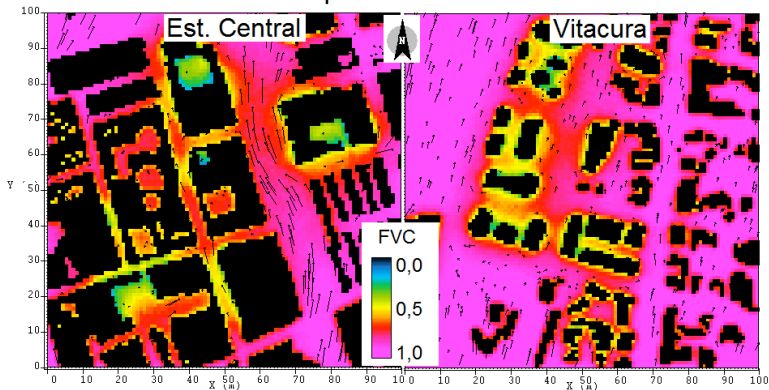
Figura 7: Ventilação a 10 m de altura em Estación Central (heterogênea) e Vitacura (homogênea), respectivamente



Elaboração: os autores (2020).

Finalmente, outra variável importante para analisar as mudanças climáticas é o Fator de Visão do Céu (FVC) - ou *Sky View Factor*, em inglês. O modelo ENVI-met também permite comparações entre as áreas. Para comparar os cânions urbanos, os mapas foram feitos a uma altura de 2 m de altura e considerando apenas a taxa de proporção entre prédios e ruas, sem vegetação (Figura 8).

Figura 8: Fator de Visão do Céu em Estación Central e Vitacura, respectivamente



Elaboração: os autores (2020).

Esse índice varia entre 0 e 1: quanto menor, mais obstáculos (edifícios) e, conseqüentemente, pode contribuir para explicar problemas microclimáticos adversos à qualidade ambiental. Índices com valores próximos a 0,9 são observados em Vitacura, representando baixas obstruções, enquanto, em Estación Central, valores próximos a 0,3 ou 0,4 até 0,9, com muita variedade de alturas em suas obstruções.

Referências

ARISTODEMOU, E. *et al.* How tall buildings affect turbulent air flows and dispersion of pollution within a neighbourhood.

Environmental Pollution, v. 233, p. 782-796, 2018.

BILAL, U. *et al.* Inequalities in life expectancy in six large Latin American cities from the SALURBAL study: an ecological analysis. **The Lancet Planetary Health**, v. 3, n. 12, p. e503-e510, 2019.

BRUSE, M; FLEER, H. Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modelling & Software**, v. 13, n. 3-4, p. 373–384, 1998.

IRARRÁZAVAL, F. I. El imaginario "verde" y el verde urbano como instrumento de consumo inmobiliario: configurando las condiciones ambientales del área metropolitana de Santiago. **Revista INVI**, v. 27, n. 75, p. 73-103, 2012.

LAVE, R. Introduction to special issue on critical physical geography. **Progress in Physical Geography**, v. 39, n. 5, p. 571-575, 2015.

MENDES, F.H. **Tutorial para Iniciantes**: software ENVI-met versão 3.1. 2014. Disponível em: http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:projetos:envi-met31_tutorial_iniciantes.pdf Acesso em: 18 Mar. 2020.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen and Co., 1978.

ROMERO, H. Urban Climates and the Challenge of Sustainable Development of Chilean Cities. In: HENRÍQUEZ, C.; ROMERO, H. **Urban Climates in Latin America**. Cham: Springer International Publishing, p. 207-256, 2019a.

ROMERO, H. Islas, Ondas y Puntos de Calor: Contribuciones inadvertidas de La planificación y diseño urbano de las ciudades latinoamericanas al Cambio Climático Global. In: XXXIV Encuentro y XXIII Congreso de ARQUISUR, 2019b, Belo Horizonte. **Anais[...]**. Belo Horizonte: Asociación de Escuelas de Arquitectura de la UFMG, 2019.

SLAYMAKER, O. Physical geographers' understanding of the real world. **The Canadian Geographer**, v. 61, n. 1, p. 64-72, 2017.

SWYNGEDOUW, E.; HEYNEN, N.C. Urban political ecology, justice and the politics of scale. **Antipode**, v. 35, n. 5, p. 898-918, 2003.

SWYNGEDOUW, E. Politizando las ecologías políticas urbanas. **Investigaciones Geográficas**, v. 56, p. 153-167, 2018.

OS ESTUDOS DO CLIMA URBANO NAS CIDADES AMAZÔNICAS

*Natacha Cíntia Regina Aleixo
João Cândido André da Silva Neto*

1. Antecedentes e proposições

O processo de urbanização e seu produto às cidades na Amazônia apresentam aspectos da construção social dos seus climas urbanos, que merecem maior atenção da ciência geográfica, pois, potencializam a formação de condições singulares de espacialização das ilhas de calor e frescor em que se deve levar em consideração a proximidade da malha urbana dos rios e da floresta, o fenômeno das brisas fluviais, a densidade construtiva, o emprego de materiais construtivos inadequados devido a inercia térmica e as condições de vulnerabilidade social da população.

Desde a década de 1970 a população urbana ultrapassou a rural no Brasil. Berta Becker (1990) considerava a Floresta Amazônica urbanizada desde a década de 1980,

porém, nos estados pertencentes a Amazônia Legal Brasileira essa transição ocorreu principalmente na década de 1990 (IBGE, 2010).

Cientistas do Núcleo de Altos Estudos da Amazônia (NAEA) e o Núcleo de Estudos e Pesquisas das cidades na Amazônia (NEPECAB) têm pesquisado as heterogeneidades do urbano na Amazônia, buscando compreender as cidades da floresta e na floresta, com a integração de aspectos econômicos, sociais, biogeográficos, os fluxos internos e externos e analisar o papel das cidades na rede urbana. O suporte analítico traz apontamentos para desconstrução da visão apenas dentrítica e a perspectiva quantitativa preconizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), baseada estritamente em critério demográfico não condizente com a dinâmica urbana das cidades dessa região (SCHOR; OLIVEIRA, 2011).

A produção capitalista dos espaços urbanos leva em consideração diferentes agentes sociais, interesses e poder, gerando nas cidades a segregação socioespacial, acentuando a exclusão e fragmentação social. Como o clima urbano é produzido pelas diferenças do balanço de energia superfície-atmosfera em distintas formas e conteúdo das cidades (SANT'ANNA NETO, 2008;

NASCIMENTO JUNIOR, 2018; RAMPAZZO, 2019), pode-se compreender que é uma construção social com espacialidades desiguais associadas a vulnerabilidade social.

Neste sentido, o objetivo da pesquisa foi compreender a produção científica da climatologia urbana em tipo climático Equatorial e aprofundar a análise geográfica nas cidades da Amazônia Brasileira.

2. Clima urbano em tipo climático equatorial

Foi realizada a revisão sistemática nas bases de Periódicos Capes e no banco de teses e dissertações da Capes.

Utilizou-se as seguintes palavras-chave e indicadores booleanos: Clima urbano, Clima equatorial, Ilhas de calor, Amazônia, Conforto térmico em português, inglês e espanhol do período de 1990 a junho de 2019.

Mesmo sabendo que a indexação dos estudos produzidos e publicados na ciência geográfica ainda é escassa, optou-se pela realização da revisão sistemática, pois, por se tratar de temas inter e multidisciplinares, pesquisas de diferentes campos do conhecimento, também, contribuem para a compreensão dos climas urbanos.

É preciso advertir que muitos dos estudos realizados não foram publicados, ou estão em bases de difícil acesso, ou são cobrados; por isso, optou-se por assumir a posição de que a revisão desta pesquisa não abrange todo o conhecimento produzido, mas parte importante que teve respaldo na publicação dos resultados em plataformas científicas, que auxiliaram no entendimento do problema de pesquisa.

Foram selecionados apenas os que analisaram espacialmente cidades localizadas em tipo climático equatorial e seus climas urbanos, com enfoque em estudos das ilhas de calor e do conforto térmico.

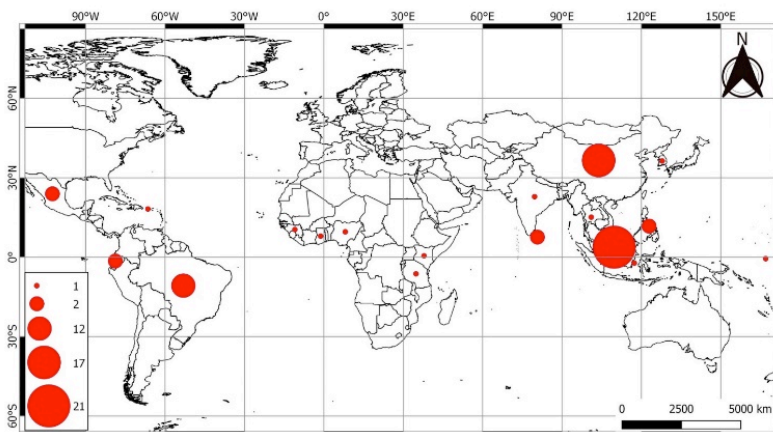
No total, sessenta e nove (69) artigos foram potencialmente relevantes. As maiores concentrações dos artigos publicados são do Continente Asiático, sendo constatado que os países: China publicou dezessete (17) artigos, somadas Singapura e Malásia que obtiveram o total de vinte e um (21) artigos, e posteriormente o Brasil, com 12 estudos. A cidade com maior número total de estudos publicados de clima urbano foi Singapura.

Posteriormente, os países Sri-Lanka, Filipinas, Equador e México apresentaram dois (2) artigos cada e com um artigo (1)

publicado, os países da Indonésia, Guiné, Nigéria, Tailândia, Índia, Nauru, Porto Rico, Ghana, Tanzânia, Coreia do Sul e Kenya.

A análise espacial dos trabalhos de clima urbano em tipo climático equatorial, com ênfase no campo térmico encontram-se no Mapa 1.

Mapa 1: Artigos de clima urbano em áreas do tipo climático equatorial



Fonte: Periódicos CAPES (2019). Elaboração: os autores (2020).

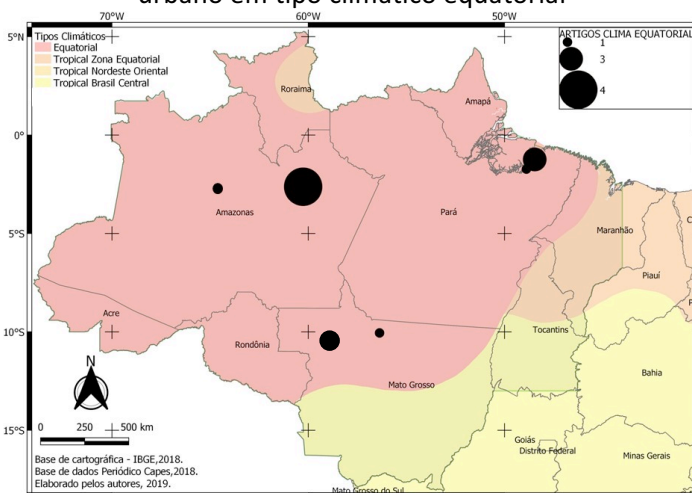
Os artigos apresentaram diferentes perspectivas de análise das ilhas de calor do ar e da superfície, do conforto térmico em ambientes internos. Pesquisadores com formação em ciências exatas, meteorologia, geografia, arquitetura e

urbanismo e ciências do ambiente foram mais expressivos na autoria e coautoria dos artigos.

Os aspectos principais do campo térmico como ilhas de calor, conforto térmico e alterações de temperatura em área urbana foram destacados pelos autores nas investigações.

No contexto brasileiro, os artigos relevantes foram espacializados na área referente a delimitação político-territorial integrada aos tipos climáticos estabelecidos pela classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE, 2010) conforme Mapa 2.

Mapa 2: Artigos relevantes da base de Periódicos Capes sobre clima urbano em tipo climático equatorial



Fonte: Periódicos Capes (2019). Elaboração: os autores (2020).

Os artigos encontrados para a realidade Brasileira, foram analisados, e, considerou-se relevante compor um quadro com a classificação de dez artigos localizados na área de tipo climático equatorial.

As diferenças térmicas entre áreas das cidades e a floresta foram analisadas pelos autores, demonstrando o aumento das temperaturas do ar nas áreas urbanas em detrimento das áreas com predomínio de vegetação arbórea. (ALEIXO; SILVA NETO, 2019; BARBOSA *et al.*, 2015; CORRÊA *et al.*, 2016; MONTEIRO *et al.*, 2014; DUBREUIL, 2012; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2012, 2013; SOUZA; ALVALÁ, 2014).

Alta Floresta localizada no estado do Mato Grosso foi analisada por Dubreuil (2012) e verificou-se que o setor desmatado sempre foi mais quente e seco do que a área florestal, com média de 2° C durante o dia, e na estação seca o aumento ocorreu, também, durante a noite (+0,5° C).

Souza e Alvalá (2014) analisando as ilhas de calor urbana em Manaus verificou que estão associadas a um ciclo diurno, que difere de outros estudos para diferentes locais do mundo, com dois picos de maior intensidade, um às 08h LST e outro entre 1500 e 1700 LST. Também destacou que a área urbana

tende a aquecer primeiro e mais lentamente e a esfriar mais tarde e mais rapidamente que a floresta.

Aleixo e Silva Neto identificaram na cidade de Tefé/AM diferenças térmicas, que variaram em até 4,6°C, sendo que na área central da cidade, com ocupação mais antiga, densidade construtiva e arborização urbana esparsa, configurou-se a ilha de calor de forte magnitude (FIALHO, 2012; FERNANDEZ GARCIA, 1996). As temperaturas da superfície variaram de 25°C a 30°C e, também, indicaram a concentração do aquecimento na parte central, derivada da ampla cobertura de materiais construtivos inapropriados para o clima equatorial. Além disso, constatou-se que a alta densidade de vegetação arbórea se associou a configuração da ilha de frescor.

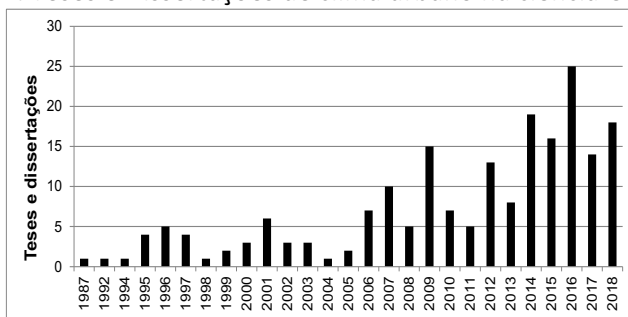
O conforto térmico foi estudado por Barbosa *et al.* (2015), em áreas urbanas do Amazonas, Pará e área de Floresta Nacional; com isso, verificou-se significativa atenuação da temperatura e melhoria do conforto térmico na área florestal. Silva Junior *et al.* (2012; 2013) observou por meio de índices de conforto térmico o período das 11h às 14h como mais agravante para o desconforto da população em Belém/PA. As zonas da cidade menos confortáveis foram as mais urbanizadas

e possuíam menos vegetação que as demais áreas, enquanto que as zonas mais confortáveis foram as que possuem mais áreas vegetadas e predominância de edificações baixas.

Com relação as teses e dissertações produzidas sobre clima urbano no Brasil, baseadas no banco de teses e dissertações da Capes, foram encontradas utilizando as palavras “clima urbano”, trezentas e setenta e três (373) dissertações e teses defendidas nos programas de pós-graduação, sendo cento e noventa e nove (199) na área de Geografia.

Verifica-se no Gráfico 1 o aumento do número total anual de teses e dissertações de clima urbano na ciência geográfica, especialmente a partir de 2006.

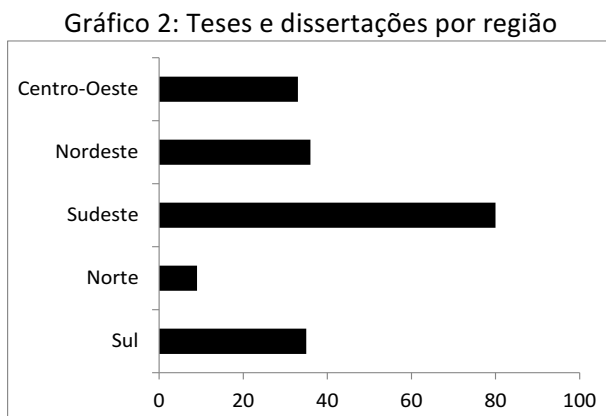
Gráfico 1: Teses e Dissertações de clima urbano na ciência Geográfica



Fonte: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.
Elaboração: os autores (2020).

A distribuição da produção científica por região é concentrada nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul, derivada dos programas de pós-graduação consolidados historicamente e a expansão de novos programas bem como elevação da infraestrutura física e pessoal nas universidades da região Nordeste.

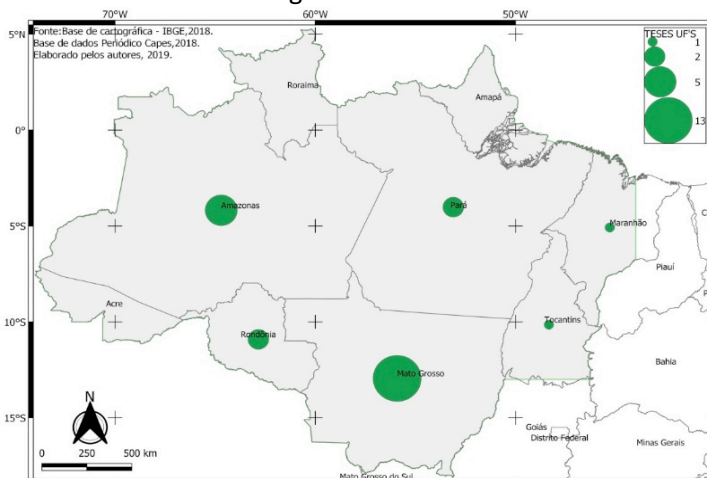
A região Centro-Oeste apresentou, também, uma quantidade relevante de pesquisas, e, especialmente a região Norte do país apresentou um número bastante reduzido, com apenas 9 estudos em nível de pós-graduação realizados até junho de 2019. Dessa maneira, verificou-se a escassez de pesquisas na área de climatologia urbana na região Norte do país (Gráfico 2).



Fonte: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.
Elaboração: os autores (2020).

Aprofundada a análise para o recorte político-territorial da Amazônia Legal, o estado do Mato Grosso apresentou a maior quantidade de pesquisas, com treze (13) trabalhos, posteriormente o estado do Amazonas com cinco (5) pesquisas, Pará e Rondônia com duas (2) e Maranhão com uma (1) pesquisa, conforme o Mapa 3.

Mapa 3: Teses e dissertações sobre Clima urbano na área de Geografia da CAPES



Fonte: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.
Elaboração: os autores (2020).

Os estados de Roraima, Acre e Amapá não tiveram pesquisas. As teses e dissertações com exceção do estado do

Mato Grosso e do Pará concentraram-se, principalmente nas capitais dos estados e no Maranhão em cidade no limite da Amazônia Legal.

3. Para além das capitais: a climatologia urbana em cidades do interior do estado do Amazonas

Em 2014 iniciamos uma pesquisa com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), para compreender a variabilidade da precipitação pluvial do Médio Solimões e as particularidades do clima urbano de Tefé, que foi concluída em 2016.

No ano de 2019, com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) foi possível a aprovação de um projeto de pesquisa em desenvolvimento no Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental na Amazônia (HIDROGEO) para ampliar o recorte espacial e estudar o clima urbano em cidades interioranas do Médio Solimões no estado do Amazonas como Coari, Alvarães, Uarini além de Tefé.

Schor e Oliveira (2011) definiram a hierarquia urbana no estado do Amazonas¹. A rede urbana do rio Solimões considerada fechada, possui uma dinâmica local e infraestrutura urbana precária, com remota inserção na dinâmica de desenvolvimento regional e nacional em que o fluxo de mercadorias e pessoas ocorre, especialmente por via fluvial e interna ao Estado do Amazonas. A rede urbana do Solimões possui vínculos estreitos com países vizinhos como Colômbia e Peru e mais restritos em relação ao restante do Brasil.

Em Tefé, considerada cidade média com responsabilidade territorial² verificamos que a amplitude das ilhas de calor na área intraurbana foi superior a 6°C (LOPES; ALEIXO; SILVA NETO, 2019), principalmente relacionada as áreas com maior densidade construtiva, impermeabilização, menor densidade de vegetação arbórea e uma particularidade das cidades no interior do estado do Amazonas, é a pouca

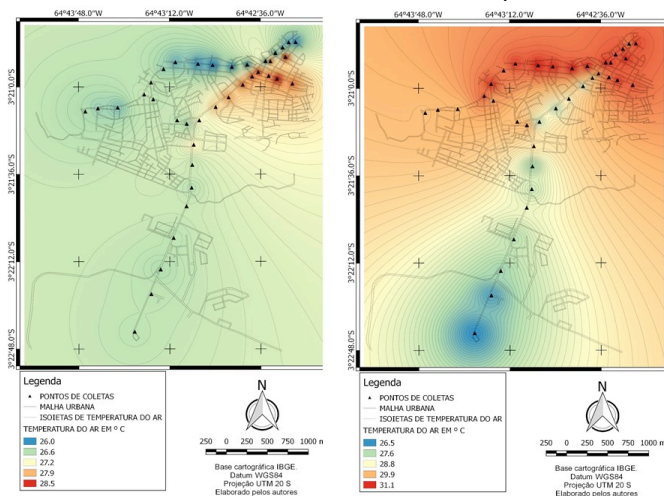
¹ Por meio da análise dos arranjos institucionais e conjunto de variáveis (demográficas, históricas, sociais, econômicas) analisou-se os aspectos fixos para compreender o perfil urbano de cada cidade e dos fluxos para compreender a sua interação na rede urbana (SCHOR e OLIVEIRA, 2011).

² “Exercem uma função na rede que vai além das suas características em si, pois detêm uma responsabilidade territorial que as torna nódulos importantes internamente na rede. Exercem diversas funções urbanas e contêm arranjos institucionais que são importantes não só para o município, mas para as cidades e municípios ao seu redor.” (SCHOR e OLIVEIRA, 2011, p.17).

utilização de telhas adequadas para o tipo climático, como por exemplo, de cerâmica.

Outro fator relevante observado por meio da análise dos dados especializados do transecto móvel dm Tefé (Mapas 4, 5) no período de diminuição das chuvas (denominado como seca Amazônica) é o fator da brisa fluvial, responsável pela menor temperatura do ar nas ruas próxima às margens do rio Tefé, no período da manhã, às 7h, e, difere do período noturno que apresenta na mesma área elevadas temperaturas do ar.

Mapa 4 e 5: Temperatura do ar no horário das 7h. e 21h. no mês de outubro na área urbana de Tefé/AM

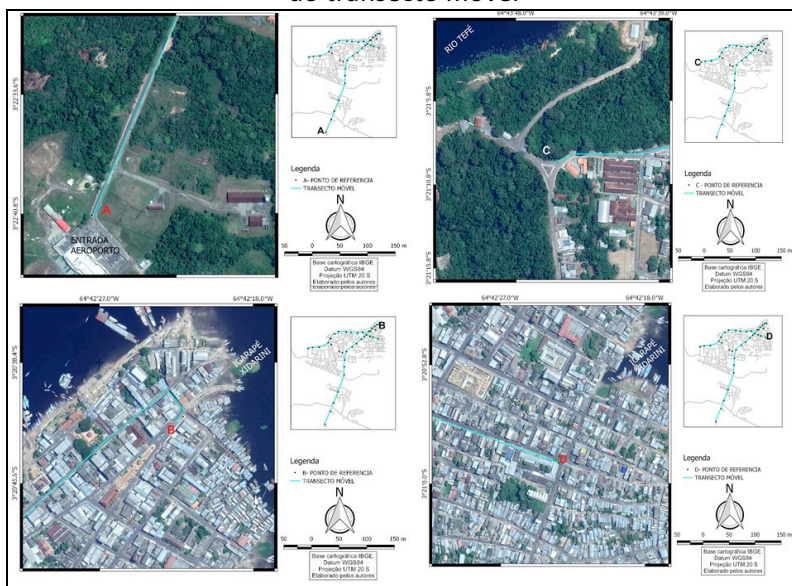


Elaboração: os autores (2020).

As diferenças térmicas entre as áreas na cidade às 7h. são menores com amplitude máxima de 2,5°C e no horário das 21h. as diferenças térmicas são superiores, com amplitude de até 4,6 °C.

Conforme o Quadro 1, as áreas com maior densidade de vegetação arbórea no horário das 21h. apresentaram maior arrefecimento em comparação com as áreas densamente construídas, com maior densidade demográfica e com formas-conteúdo representativas das iniquidades sociais.

Quadro 1: Imagens de satélite das áreas de Tefé/AM representativas do transecto móvel



Fonte: GoogleEarth. Elaboração: os autores (2020).

As construções predominantemente são cobertas por telhas de alumínio e fibrocimento (áreas B e D) que são os únicos produtos encontrados nas lojas de materiais de construção locais.

Outros tipos têm que ser comprados/encomendados na capital Manaus e transportados por via fluvial (aproximadamente 500km) até Tefé, ou seja, a utilização desses materiais é altamente seletiva e apenas a população menos vulnerável no âmbito socioeconômico têm condições mais adequadas de moradias.

Portanto, apesar de ser localizada em uma área denominada de “Amazônia profunda”, a cidade como produto da urbanização perversa, foi congruente a constituição social de um clima urbano e remete a importância de se analisar outras cidades amazônicas, para além das capitais em todos os estados da Amazônia Legal, demonstrando as singularidades associadas as alterações dos elementos climáticos nos espaços urbanos desiguais e a configuração de seus climas, proporcionando visibilidade aos sujeitos que aqui vivem e que têm o direito a um ambiente mais saudável e inclusivo.

Referências

ALEIXO, N.C.R.; SILVA NETO, J.C. O campo térmico em área urbana na Amazônia Brasileira: análise episódica na cidade de Tefé-AM. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 34, e, 40949, 2019.

BARBOSA, P.H.D. *et al.* Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v,1, 7, p.98-118, 2015.

BECKER, B. **Amazônia**. São Paulo: Ática, 1990.

CORRÊA, P.B. *et al.* Estudo do fenômeno da ilha de calor na cidade de Manaus/AM: um estudo a partir de dados de sensoriamento remoto, modelagem e estações meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p. 167-176, 2016.

DUBREUIL, V. *et al.* Impact of land-cover change in the Southern Amazonia climate: a case study for the region of Alta Floresta, Mato Grosso, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, p. 877–891, 2012.

FERNANDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatologia aplicada:** clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial síntesis/S.A., 285p., 1996.

FIALHO, E.S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades-informações, censo (2010)**. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidades Acesso em: 10 Jun. 2014.

LOPES, J.S.G.; ALEIXO, N.C.R; SILVA NETO. J.C.A. Amplitude térmica e magnitude das ilhas de calor em Tefé-AM, Brasil. **Bol. geogr. Maringá**, v. 37, n. 1, p. 251-264, 2019.

MONTEIRO, J.C.R. *et al.* Descrição da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes localidades no bairro do Parque Dez - Manaus/AM. **Biota Amazônia**. v. 4, n. 2, p. 20-27, 2014.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical:** estudo comparado entre Santos, Maputo e Brisbane. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) - UNESP, Presidente Prudente, 2018.

RAMPAZZO, C. **Clima urbano e vulnerabilidade socioespacial mediados pela produção do espaço urbano em cidades paulistas** (São Carlos, Marília e Presidente Prudente). 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – UNESP, Presidente Prudente, 2019.

SANT'ANNA NETO, J.L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v. 4, p. 1-18, 2008.

SCHOR, T.; OLIVEIRA, J.A. Reflexões metodológicas sobre o estudo da rede urbana no Amazonas e perspectivas para a análise das cidades na Amazônia brasileira. **ACTA Geográfica**, Ed. Esp. Cidades na Amazônia Brasileira, p.15-30, 2011.

SILVA JÚNIOR, J. A. *et al.* Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, p. 419 - 428, 2013.

SILVA JÚNIOR, J. A. *et al.* Relações entre as percepções térmicas e índices de conforto térmico dos habitantes de uma cidade tropical na Amazônia Oriental. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 395-407, 2012.

SOUZA, D.; ALVALÁ, R.C. S. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. **Meteorol. Appl.** v. 2, p. 186–193, 2014.

INTERAÇÕES ENTRE ESCALAS CLIMÁTICAS NA CIDADE DE SOROCABA, SÃO PAULO

*Edelci Nunes da Silva
Paulo Lopes Rodrigues
Andressa Fernanda de Souza Pistili*

1. Introdução

As realidades climáticas, como afirmam Tarifa e Sette (2012), são totalidades em movimento e a sua compreensão deve considerar a crescente interferência e interações de várias ordens de grandeza e dependência dos processos físicos, biológicos e sociais, tanto em termos globais, regionais, locais, topo e microclimático (TARIFA; SETTE, 2012).

A latitude, distribuição dos continentes, padrões globais de circulação são os definidores dos tipos climáticos na escala global. Atualmente, o aumento na concentração dos gases de efeito estufa, decorrente das atividades antrópicas, é associado ao maior aquecimento da atmosfera terrestre e,

conseqüentemente, com as possíveis mudanças climáticas na escala planetária.

Na escala regional, no entanto, a definição de unidades climáticas está relacionada à dinâmica atmosférica – atuação das massas de ar e dos controles climáticos como latitude, maritimidade e continentalidade, relevo, vegetação, entre outros. Tarifa e Sette (2012) afirmam que, nesta escala, é importante observar o habitual, a ocorrência das disritmias e as variabilidades.

Os autores acima citados consideram que o clima se traduz como dinâmica climática, composta pelos dos ritmos habituais ou anômalos, interagindo entre atmosfera e as outras esferas: biosfera, hidrosfera e antroposfera, processo esse denominado de holorritmo. Assim, o clima é composto pelos ritmos físico-biológicos e pelos ritmos determinados pelas organizações sociais e econômicas das complexas sociedades que compõem o nosso planeta (TARIFA; SETTE, 2012).

É na escala local que se expressa os ritmos, as disritmias e, às características físicas anteriores, agrega-se as características locais como relevo, rede hidrográfica, cobertura vegetal além das características sociais econômicas como uso

do solo, densidade demográfica, grau de urbanização, cobertura vegetal etc. Enfim, é onde se expressa a “realidade viva”, segundo Tarifa e Sette (2012).

Portanto, é na escala local que se expressa o urbano. A modificação da superfície da área onde se assenta a cidade alterou significativamente as características climáticas em seus atributos e controle. As alterações no balanço de energia e hidrológico, ventilação da área urbana, na composição da atmosfera (poluentes) podem, por sua vez, levar a alterações nos atributos climáticos, como na temperatura do ar, na umidade do ar, na formação de neblina e precipitação (LANDSBERG, 2006).

Assim, as alterações antrópicas e suas implicações na atmosfera urbana e, conseqüentemente, no clima das cidades são bem conhecidas e, por ter características próprias, denominou-se clima urbano. A expressão mais aguda das alterações nas áreas urbanas é a ocorrência da ilha de calor (OKE, 1978).

As ilhas de calor podem trazer conseqüências nocivas, biológicas, econômicas e meteorológicas comprometendo significativamente a qualidade do ambiente urbano,

contribuindo no desconforto térmico e, também podem aguçar problemas de saúde, elevar o gasto com energia pelo aumento do uso de condicionadores de ar, entre outros problemas (GARTLAND, 2010).

Os ritmos físicos e biológicos podem, portanto, refletir as alterações do urbano, na escala local, mas também podem conter as alterações ocorridas em outras escalas.

O presente texto tem como objetivo apresentar os aspectos do clima e do clima urbano de Sorocaba, a partir revisão bibliográfica e das pesquisas realizadas no curso de graduação e pós-graduação em geografia da Universidade Federal de São Carlos e refletir sobre as interações entre as diferentes escalas do clima em uma região tropical.

2. Sorocaba: características físicas e do espaço urbano

Sorocaba é uma cidade de médio porte do interior paulista, distante 100 km da capital, com cerca de 600.000 habitantes, em uma extensão territorial de 450.382 km² e densidade populacional de 1304 hab./km², tem 98% da população vivendo em área urbana (IBGE, 2019).

Nas últimas décadas, passou por expansão urbana baseada na verticalização das áreas centrais e mais valorizada e, no modelo espraiado com condomínios horizontais e conjuntos habitacionais populares em áreas mais distantes. Esse processo levou a supressão das áreas verdes, arborização urbana escassa, aumento da frota dos veículos individuais, entre outros fatores. O crescimento da frota de veículos foi de 90% entre 2006 e 2018 (IBGE, 2019), sobrecarregando a atmosfera urbana de emissões de poluentes.

Além disso, o município destaca-se, na região, pelo seu porte e por possuir indústrias consideradas prioritárias para o controle da poluição atmosférica, como as maiores indústrias cimenteiras do Estado, além de áreas de queima de palha de cana-de-açúcar (CETESB, 2019).

Do ponto de vista geomorfológico, o município de Sorocaba está entre o limite de dois compartimentos: A Depressão Periférica Paulista (Bacia Sedimentar do Paraná) e o Planalto Atlântico (Cinturão Orogenético do Atlântico) segundo a classificação de Ross e Moroz (2011) com altitudes médias entre 500-700m que se alongam numa faixa relativamente estreita no sentido geral NE-SW.

Sendo cortado pela a linha do trópico de Capricórnio que divide as zonas tropicais das subtropicais, Sorocaba apresenta ritmo sazonal: dos verões chuvosos e quentes aos invernos secos com temperaturas amenas.

Segundo a classificação climática proposta por Monteiro (1973) para o Estado de São Paulo, o clima de Sorocaba é controlado por massas de ar tropicais e polares, com clima úmidos da face oriental e subtropical dos continentes dominados por massa mTa (Massa Tropical Atlântica) trecho extremo do Planalto Atlântico Paulista do qual a Paranapiacaba é borda alcantilada.

Geralmente, no inverno, ocorre com frequência a entrada de anticlones polares na região sudeste, atingindo o interior paulista que dificulta a formação de chuvas e o período seco, nesta estação. Para este mesmo período, podem ocorrer temperaturas negativas e também geadas, de acordo com a intensidade da massa de ar polar que adentra a região (SILVA; SILVA, 2016).

Nos meses mais quentes de verão corresponde ao período de maior ocorrência de precipitações, associadas à influência e atuação da mTa (Massa Tropical Atlântica) e a

atuação das frentes. Além desses sistemas o corredor de umidade atmosférica formado da Região Amazônica até o Oceano Atlântico ocasiona muitas chuvas violentas na região, este sistema é conhecido como ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) as nuvens ficam estacionadas sobre grande parte da região sudeste por dias consecutivos, provocando chuvas intensas (SILVA; SILVA 2016).

3. O clima local: na transição do trópico e subtropical

Em estudo pioneiro Tavares (1997) pesquisou o clima de Sorocaba baseando-se em comparações de dados de duas estações meteorológicas inserida na área urbana e no entorno rural. Nesse estudo o autor não consegue identificar a ação da urbanização tanto em relação às temperaturas do ar quanto em relação à ocorrência das chuvas (TAVARES, 1997).

O autor considerou que a zona de transição climática em que Sorocaba está inserida pode colocar a região ora sob a influência de diferentes sistemas e, ora sob influência de um único sistema. Uma das hipóteses feitas pelo autor aponta que as diferenças de temperatura do ar entre cidade e o campo são

possivelmente provocadas pela mudança de tempo, e não produzidas pelo mecanismo urbano. (TAVARES, 1997).

Duas séries históricas de temperatura do ar e precipitação, da estação meteorológica do INMET, no período 1978 a 1990 e 1992 a 2010, foram analisadas por Villela (2011). Os dados apontam mudanças nos totais gerais mensais de precipitação, das temperaturas máximas e mínimas em Sorocaba. Foi observado que os volumes de chuva aumentaram nos meses de verão, sobretudo no mês de janeiro e, houve aumento nas médias das temperaturas máximas fato que ocorreu também com as médias das temperaturas mínimas (VILELA, 2011).

A distribuição das chuvas e a identificação dos eventos extremos, no município de Sorocaba, utilizando dados da Estação Meteorológica do INMET, no período de 2002 a 2014, foram estudadas por Bezerra Silva (2016). Os dados mostraram que o ritmo das chuvas em Sorocaba seguiu o padrão climático da região. A identificação da ocorrência de extremos mensal apontou a predominância, na série histórica, de meses com totais pluviométricos dentro do que é considerado normal e a tendência de ocorrer mais episódios de excesso de chuvas em

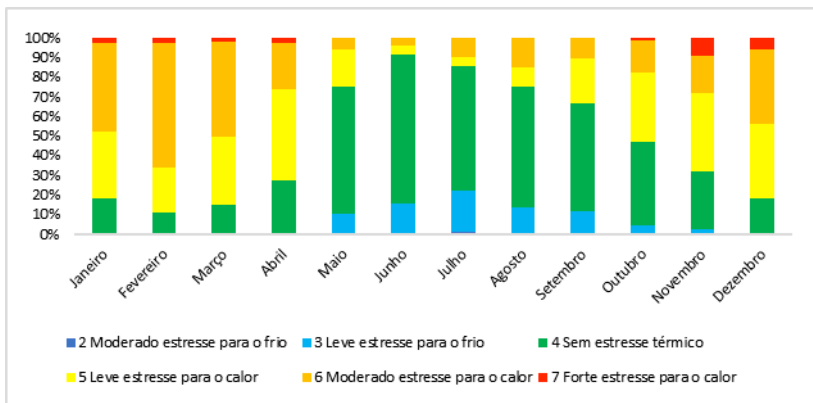
relação aos episódios de seca, visto que na série histórica houve nove meses considerados super chuvosos e apenas três considerados super secos (BEZERRA SILVA, 2016).

As ondas de calor foram estudadas por Silva (2015) utilizando duas séries temporais de 13 anos de temperaturas máximas (1978 a 1990) e (1998-1999 e 2002-2012). Os resultados apontaram aumento na duração, intensidade e frequência da ocorrência das ondas de calor, no município, no segundo período. As ondas de calor ocorreram com mais frequência na primavera/verão e, a duração desses eventos tem aumentado nas últimas décadas. No período de inverno, houve ocorrência de “veranicos” e, sua ocorrência também aumentou nas últimas décadas, em frequência, intensidade e duração.

As características bioclimáticas, do município de Sorocaba, foram estudadas por Rodrigues (2019), a partir do índice de conforto PET³. A Figura 1 mostra que o conforto e desconforto apresentam oscilações significativas durante os meses do ano.

³ *Physiological Equivalent Temperature* (PET) é dado a partir da combinação da temperatura do ar de um ambiente, com vento ou sem, em quem o balanço de calor do corpo humano é mantido.

Figura 1: Distribuição mensal do índice de conforto indicado pelo PET de 2002 a 2014 em Sorocaba/SP



Fonte: Rodrigues (2019).

Observa-se que os dias confortáveis são predominantes no período de outono e inverno, seguido pelos dias leve estresse para o frio. Os dias de desconforto para o calor são mais frequentes no período de primavera e verão, com alguns dias de forte estresse para o calor.

Os estudos acima apresentados foram realizados utilizando dados de estações meteorológicas locais, os resultados mostram o ritmo e a variabilidade nos atributos climáticos estudados. As alterações observadas podem indicar influências locais como o processo de urbanização, mas

também as variabilidade e alterações que ocorrem na escala regional e global.

4. Aspectos do clima urbano de Sorocaba

A ocorrência da ilha de calor urbana, em Sorocaba, foi estudada por Lacerda Silva e Silva (2012, 2016), a partir do levantamento das temperaturas do ar, em dois pontos: no centro urbano de Sorocaba e no entorno rural, no período de 04 de julho de 2012 a 02 de julho de 2013.

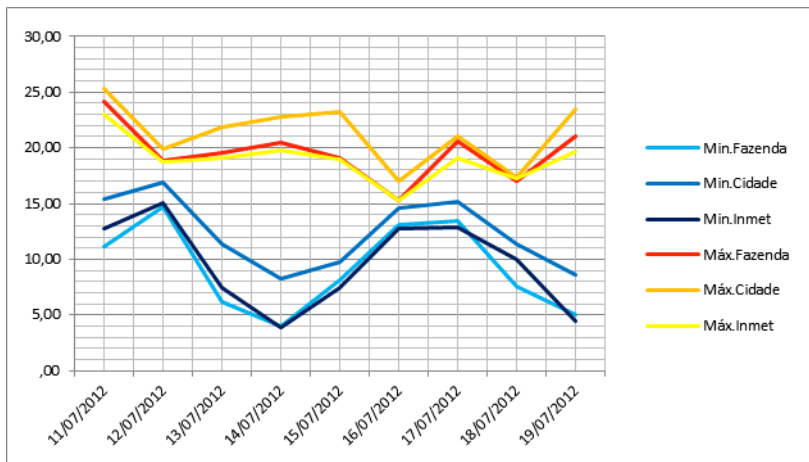
Os resultados apontaram a existência da ilha de calor na região central da cidade; indicando que a dinâmica das atividades urbanas impõe uma alteração na atmosfera urbana local e, que os fluxos e os ritmos físicos e urbanos influenciam a formação da ilha de calor. Os meses secos de inverno registraram intensidades acima de 4°C e, os meses de verão menores de 3°C. Os meses de outono e primavera, por sua vez, apresentaram valores de intensidade variáveis, geralmente acima dos 3°C.

Na análise episódica (Figura 2) observa-se que as temperaturas do ar mínimas se aproximam das temperaturas do ar mínimas da estação meteorológica local. Há uma

diferença maior entre as temperaturas do ar mínimas e máximas da área urbana e da estação meteorológica. Os dias, em que as diferenças são maiores, estão relacionados a sistemas regionais de mais estáveis e aqueles que as diferenças são menores ou inexistentes estão relacionados às frentes frias (Lacerda Silva; Silva, 2012).

No nível da escala microclimática Pistili *et al.* (2018) avaliaram três pontos, no interior de um bairro de baixa renda, altamente adensado, na Zona Norte de Sorocaba. Foram colocados três micro registradores que coletaram dados horários de temperatura do ar e umidade relativa do ar, pelo período de 12 de maio a 30 de junho de 2017, na transição do outono para o inverno e foram comparados aos dados da estação automática de Sorocaba instalada em área com entorno não urbano.

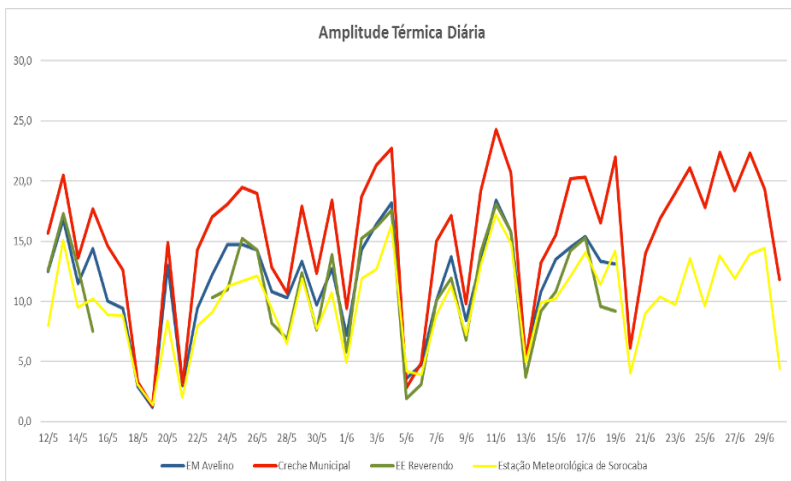
Figura 2: Temperaturas do ar mínimas e máximas no centro urbano, no entorno rural e da Estação Meteorológica do Inmet no período de 11 a 19/07/2012, Sorocaba/SP



Fonte: Lacerda Silva; Silva (2012).

As diferenças podem ser observadas nos valores de amplitude térmica mostradas na Figura 3. O ponto da Creche Municipal tem os maiores valores em relação aos outros três pontos no interior do bairro e aos dados estação meteorológica de controle situada no entorno rural.

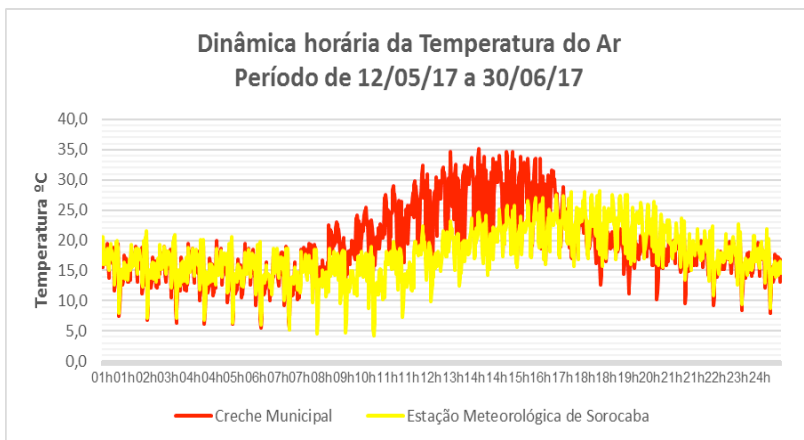
Figura 3: Amplitude térmica diária na Escola Municipal Avelino, Escola Estadual Reverendo, Creche Municipal e na Estação Meteorológica, no período de 12/05 a 30/06/2017, Sorocaba/SP



Fonte: Pistili (2018).

Os dados da Figura 4 apontam um menor aquecimento na área com entorno rural representado pela Estação Meteorológica em relação ao bairro. Percebe-se que, o deslocamento do aquecimento e resfriamento da temperatura do ar na área de microclima urbano se dá de forma mais rápida, intensa e extrema em relação à área rural, destaca-se, também, que os momentos de aquecimento e resfriamento da atmosfera se dão em diferentes momentos no caso da área urbana e a rural, sendo esta mais tardia e menos extrema.

Figura 4: Dinâmica horária da temperatura do ar na Creche Municipal e na Estação Meteorológica, no período de 12/05 a 30/06/2017, Sorocaba/SP



Fonte: Pistili *et al.* (2018).

As diferenças observadas nas temperaturas do ar no interior do bairro indicam que o tipo de uso do solo e a topografia são fatores importantes na definição do aquecimento/resfriamento do ar em escala microclimática e também revelaram diferenças entre a dinâmica de temperatura do ar em relação à área rural de Sorocaba

As diferenças térmicas entre o urbano e o entorno rural mostraram a resposta do urbano na sua atmosfera imediata nas diferentes escalas estudadas. Apontam, também, a influência da dinâmica atmosférica regida pela atuação das

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

massas de ar. Na escala micro há de se investigar os fluxos de ar como, por exemplo, as inversões térmicas de fundo de vale.

5. Considerações finais

Nas pesquisas aqui apresentadas observaram-se alterações nos atributos climáticos: temperatura do ar e precipitação, na escala local, o que pode indicar que alterações estejam também ocorrendo em outras escalas no nível global, regional, simultaneamente.

A avaliação do ambiente térmico da área urbana detectou a ocorrência da ilha de calor urbana e que tanto na escala local quanto na escala micro responde as características do ordenamento urbano e indica a necessidade da ampliação de espaços verdes que propiciem melhorar as condições do conforto térmico e da qualidade ambiental urbana.

No entanto, há necessidade de incorporar nos estudos de clima urbano, em Sorocaba, a análise de outros atributos como umidade do ar, poluição atmosférica, e também compreender melhor a totalidade dos ritmos regidos em diferentes escalas.

Por fim, especialistas indicam que não existe um clima urbano ideal, mas que cabe à climatologia urbana aplicada indicar como aproximar de um ideal tomando medidas de planejamento a fim de minimizar o estresse climático para os seres humanos.

Referências

BEZERRA SILVA, J. **Análise Temporal da Precipitação em Sorocaba 2002 a 2014**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2018**. São Paulo: CETESB, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2018.pdf> Acesso em: 15 Abr. 2020.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades. Sorocaba**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama> Acesso em: 13 Abr. 2020.

LACERDA SILVA, A.L; SILVA, E N. Análise Higrotérmica do Campo e da Cidade Durante a Passagem de um Sistema Frontal no Período de Inverno, Sorocaba, SP. **Revista Geonorte**, Ed. Especial 2, Manaus, v .2, n. 5, p. 123-134, 2012.

LACERDA SILVA, A; SILVA, E.N. Aspectos do campo higrotérmico e a formação da ilha de calor urbana no município de Sorocaba-SP, BRASIL. **Revista do Departamento de Geografia**, (spe), São Paulo, p. 39-50, 2016.

LANDSBERG, H.E. O Clima das Cidades. **Revista de Departamento de Geografia**, n. 18, p. 94-111, 2006.

MONTEIRO, C.A.F. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo**: problemas e perspectivas. São Paulo: IGEO – USP (Série Teses e monografias N°28), 1973.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climate**. . London: Methuen, 1978.

PISTILI, A.F.S.; SILVA, E.N. Dinâmica das Temperaturas do Ar em Bairro de Baixa Renda em Sorocaba-SP. *In*: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 13, Juiz de Fora. **Anais [...]** Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.

PISTILI, A.F.S. **Aspectos da temperatura e umidade do ar em bairro de baixa renda em Sorocaba**: Uma avaliação microclimática. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de São Carlos, 2018.

RODRIGUES, P. L. **Índices bioclimáticos e relação com a mortalidade de idosos por doenças cardiovasculares em Sorocaba – SP entre 2002 e 2014.** 2019. 153 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de São Carlos. 2019.

ROSS, J.L.S; MOROZ, I.C. Mapa Geomorfológico Do Estado De São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 10, p. 41-58, 2011.

SILVA, E.N. Ocorrência de Ondas de Calor na cidade de Sorocaba, São Paulo, Brasil. *In*: Encontro de Geógrafos de América Latina Por uma América Latina unida y sustentable, 15 Habana. **Anais** [...] Distribuidora Nacional ICAIC, p. 317-325. 2015.

TARIFA, J; SETTE, D.M. O Holorritmo, a Ritmanálise e o (s) clima (s): Uma Contribuição Metodológica. **Revista Geonorte**, Ed. Especial 2, Manaus, v. 1, n. 5, p. 655-666, 2012.

TAVARES, R. **O clima local de Sorocaba (SP):** tendências e análise comparativa cidade – campo. São Paulo. 1997. 186 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras – Universidade de São Paulo, 1997.

VILLELA, F. N. J. **Análise da Relação Relevo-rocha-solo no Contato Planalto Atlântico – Depressão Periférica Paulista.** São Paulo, 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011

TRANSECTO MÓVEL PARA ESTUDO DO CLIMA URBANO NA CIDADE DO CRATO, CEARÁ

*Juliana Maria Oliveira Silva
Francisco Bráz de Matos
Ticiano Moraes de Freitas*

1. Percurso inicial

A ONU (Organização das Nações Unidas) em seu relatório sobre as estimativas e projeções das populações urbanas e rurais revisado em 2018, entre 1950 e 2018, afirma que a população do mundo se urbanizou rapidamente. Em 1950, a população urbana era de 30% e para 2018 subiu para 55%. Segundo o documento, em 2007 a população do mundo se tornou mais urbana do que rural, e projeta-se que em 2050 a população mundial seja de 68% vivendo em áreas urbanas (ONU, 2018).

No Brasil também não é diferente, em 1950 a população urbana era de 36%, em 2018 era estimada para uma taxa de 87%, e em 2050 será em torno de 92,4%. (ONU, 2018).

Segundo Lefebvre (1970), as cidades surgem a partir da produção excedente, constitui-se como um espaço físico que compreende um sítio e uma situação, que é produzida por relações sociais, fluxos econômicos e de serviços e que reflete a política, a cultura entre outras coisas. Embasado nesse pressuposto a urbanização é tida como um fator positivo que gera o desenvolvimento, e que as áreas rurais são atrasadas em detrimento as áreas urbanas. Mas, até que ponto podemos afirmar que a urbanização é um fator positivo, que gera o desenvolvimento? Quais os principais problemas deixados na paisagem frutos desse intenso e rápido processo de urbanização?

Não é a condição demográfica que coloca a importância da cidade em relevo, mas, a complexidade da vida urbana e a degradação da qualidade e das condições de vida (MENDONÇA, 2015).

Os primeiros registros de preocupação com a qualidade de vida no ambiente urbano remonta à Revolução Industrial. Embora como afirma Mendonça (2011), que foi no século XX, durante a Segunda Guerra Mundial que esses estudos foram mais marcantes.

Sabe-se que, no Brasil, país emergente, paradoxalmente aos países desenvolvidos, a urbanização aconteceu com celeridade, gerando uma verdadeira macrocefalia urbana. Nesse sentido, “É de extrema importância refletir sobre o modelo de urbanização e como ele está relacionado à vulnerabilidade dos efeitos do clima” (BARROS; PELLEGRINO, 2019).

No Brasil, as modificações no ambiente urbano se deram mais efetivamente com o processo de urbanização, que se intensificou na segunda metade do século XX. Como sinaliza Santos (1996), o forte movimento de urbanização a partir da década de 1950 é hodierno de um forte crescimento demográfico. Esse crescimento é resultado de uma taxa de natalidade elevada e uma mortalidade em declínio, cujas causas essenciais são os progressos sanitários, a melhoria das condições de vida da população e o próprio processo de urbanização (SANTOS, 1996), mas segundo o autor, o fenômeno não se deu de forma homogênea, pois as ocupações e graus de desenvolvimento das regiões são diferentes.

O clima tem sido um dos temas que tem se destacado nas discussões da atualidade, uma vez que, as alterações na

atmosfera, podem gerar um clima cada vez mais quente, sendo sentido através do desconforto térmico, e que tem prejudicado a vida dos cidadãos, causando desde problemas de saúde, as condições de trabalho, entre outros. As alterações na atmosfera urbana impulsionam o fenômeno de “ilhas de calor”. Para Amorim (2010, p.172):

A cidade é, portanto, geradora de um clima próprio, resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local.

Gartland (2010) definiu ilha de calor como um “oásis inverso”, onde a temperatura do ar e as de superfície são superiores do que em áreas rurais”.

2. Sistema Clima Urbano e o Canal Termodinâmico: possibilidades de pesquisa

Em 1976, Monteiro publicou a sua tese de livre docência “Teoria e Clima Urbano”, tornando-se uma referência aos estudos da climatologia urbana brasileira.

O Sistema Clima Urbano (S.C.U) tem suas bases teóricas na Teoria Geral dos Sistemas, é composto por critérios de escolha, enunciados básicos, questões de consistências e os canais de percepção (MONTEIRO, 2011).

Para o desenvolvimento e aplicabilidade do S.C.U, o autor sugeriu a adoção de três subsistemas e seus canais de percepção humana: Termodinâmico (conforto térmico), Físico-Químico (qualidade do ar) e Hidrometeorológico (impacto hidrometeorológico), pois para o autor, os seres humanos devem constituir o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos. O canal Termodinâmico trata das manifestações relacionadas à geração de ilhas de calor, ilhas de frescor, alterações na ventilação e que são perceptíveis nos cidadãos através de desconforto térmico, além de poder ocasionar vários problemas fisiológicos da população urbana, assim como problemas sanitários (MONTEIRO, 2015). As principais formas de investigação adotadas para este subsistema, com base na literatura consultada, têm-se os pontos fixos, transectos móveis, sensoriamento remoto e a modelagem.

Os transectos móveis não requerem um grande aparato instrumental como a de pontos fixos. Traçam-se perfis nas

idades que perpassam diferentes padrões de uso e ocupação e cobertura vegetal, portanto, que não seja um longo percurso. Esse trajeto pode ser realizado em carros (mais comum), motos ou até bicicletas, e com referências de estudos efetivados até mesmo a pé, como aborda Tsin *et al.* (2016).

Os termohigrômetros digitais são fixados no veículo e protegidos das intempéries. O horário da medição varia (podem ocorrer 9h, 15h e 21h), assim como a sazonalidade (o interessante é investigar tanto no verão, outono, inverno e primavera, para fins de comparação do comportamento da ilha de calor anual).

A maioria dos trabalhos realizam no horário noturno. Segundo Amorim, Dubreuil e Cardoso (2015) o horário das 21h é adequado para este tipo de registro, uma vez que as temperaturas não experimentam naturalmente mudanças rápidas. Para Porangaba *et al.* (2017), o tempo máximo entre o início e o final do transecto deve ser de uma hora, para se evitar que a atmosfera urbana sofra alterações meteorológicas.

Quanto à velocidade do veículo, não podem ultrapassar 30km/h, conforme os trabalhos de Ortiz, Teixeira e Amorim (2017), Minaki (2017), Assis *et al.* (2016), Fialho; Celestino

Júnior e Quina (2016). Para Fialho, Fernandes e Correa (2019) esta técnica apresenta algumas vantagens em relação aos pontos fixos, como: descrição mais apurada das diferenças do meio urbano, um número maior de pontos de coleta, agilidade no processo de monitoramento, mas também com algumas desvantagens: não é apropriado para grandes distâncias, está restrito apenas a estradas de rodagem e a não mensuração simultânea dos elementos do clima.

3. Ilhas de Calor urbano na cidade do Crato/Ceará⁴

O município do Crato, localiza-se no sul do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil e integra a RMCariri (Região Metropolitana do Cariri). É uma cidade de porte médio concentrando algumas indústrias de transformação e construção civil, comércio e serviços (ABREU, 2017). Porém, como destaca Sousa (2015), a cidade desempenha suas funções básicas, mas não supre totalmente a demanda da população,

⁴ Pesquisa realizada com financiamento da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). Os autores agradecem pelo financiamento do projeto denominado “Aplicação do Sistema Clima Urbano (S.C.U) no Município do Crato/Ceará sob o nível Termodinâmico”. (BP3-0139-00214.01.00/18 SPU: N^o: 4373948/2018).

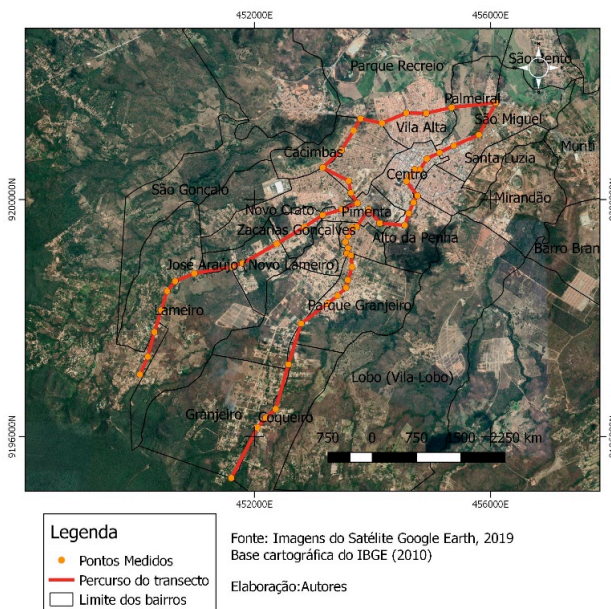
que muitas vezes buscam por serviços mais especializados na cidade vizinha, Juazeiro do Norte, que possui um centro mais dinâmico, especialmente no setor varejista e atacadista.

A população estimada para o ano de 2019 foi de 132.123. A taxa de urbanização em torno de 83,11% (IBGE, 2019; IPECE, 2010).

O município do Crato encontra-se a uma altitude variando de 900 metros a 380 metros. O relevo da Chapada do Araripe exerce influência no clima da cidade, conferindo temperaturas mais amenas aos bairros que geograficamente ficam ao seu entorno. Por estar em uma área de barlavento, proporciona características de exceção dentro de um ambiente semiárido. Em termos pluviométricos, apresenta uma média de 1.090mm anuais. As chuvas ocorrem nos meses de dezembro a janeiro (chamada de pré-estação chuvosa) e nos meses de fevereiro a maio (estação chuvosa) com o mês de março concentrando os maiores valores pluviométricos (252mm). O principal sistema indutor de chuvas na área é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mas destaca-se outros sistemas como os Vórtice Ciclônico e Altos Níveis (VCAN).

Para a realização do transecto móvel selecionou-se um período do ano: mês de julho de 2019 (em que se registra temperaturas mais amenas registradas pelo município e situação sazonal de inverno no Hemisfério Sul). O transecto foi realizado no horário das 21h do dia 10 de julho de 2019, com duração de 50 minutos e com condição estável dos ventos. O trajeto pode ser visualizado na Figura 1 e percorreu distintos bairros da zona urbana do Crato com tipos de uso e ocupação diversos e cobertura vegetal totalizando 56 pontos de medições. Com início desde as áreas com baixa ocupação urbana, adentrando na parte mais urbanizada e retornando às áreas de baixa ocupação, totalizando 19km de percurso.

Figura 1: Localização do trajeto na área de estudo



Elaboração: os autores (2020).

Em cada ponto coletou-se as coordenadas por meio de GPS para a elaboração do mapa de espacialização dos dados. O aparelho utilizado foi o termohigrômetro portátil da marca Instrutemp (modelo ITHT 2210 acoplado no veículo e protegido). Para o cálculo da intensidade da ilha de calor seguiu-se a proposta de Garcia (1996): 0°C- 2°C (Frac

intensidade), 2°C- 4°C (Moderada intensidade), 4°C- 6°C (Forte intensidade) e >6°C (Muito forte).

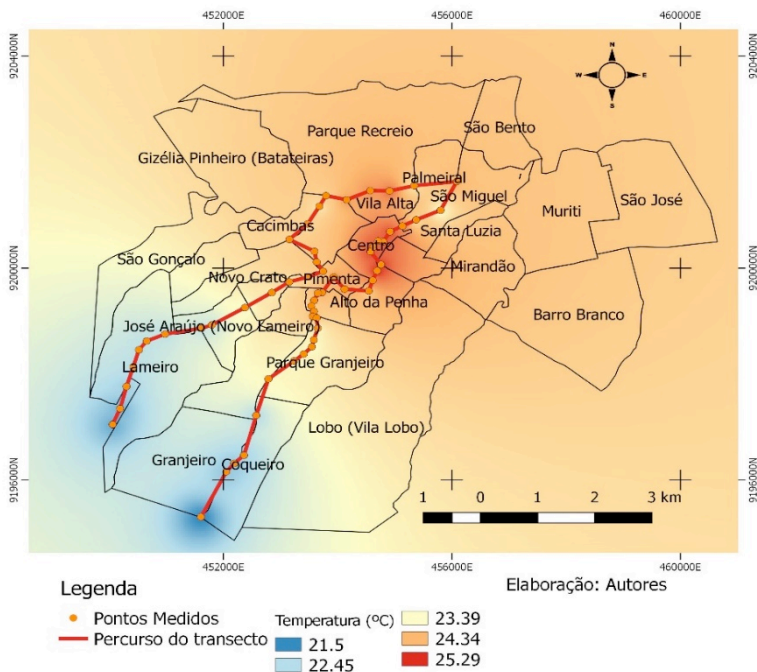
O percurso do transecto teve como ponto inicial o distrito de Belmonte de frente ao Hotel Pasárgada, com altitude de 685m e foi até o Clube Recreativo Granjeiro (698m), no bairro com o referido nome.

A Figura 2 ilustra a distribuição da temperatura entre os pontos. As cores mais azuis referem-se a temperaturas oscilando entre 21,5°C – 22,4°C, as cores alaranjadas entre 23°C e 24°C e as vermelhas com temperaturas acima de 25°C.

Acredita-se que os primeiros valores registrados foram influenciados por fatores naturais, como a altitude e a presença de cobertura vegetal, e são locais com menos aglomeração urbana, fatores que ratificam a existência de temperaturas mais amenas. O primeiro e último ponto apresentaram as menores temperaturas do transecto (21,9° C e 21,5°C, respectivamente).

Na parte central da cidade quando se cruzava bairros as diferenças de temperatura eram registradas de acordo com a ocupação e o grau de cobertura vegetal.

Figura 2: Espacialização da temperatura do transecto no mês de julho



Fonte: Base cartográfica do IBGE (2010)
Datum Sirgas 2000

de 2019

Elaboração: os autores (2020).

Na ponte do bairro Palmeiral (onde se encontra a planície fluvial do rio Granjeiro e nos arredores possui uma maior densidade de vegetação), a temperatura registrou 23,5°C. Apesar de ser uma avenida movimentada da cidade,

com intenso fluxo de automóveis e ser uma das via de acesso a cidade circunvizinha, Juazeiro do Norte, foi diferente do ponto anterior coletado no bairro Vila Alta, que é bastante urbanizado e com pouca cobertura vegetal, a temperatura identificada foi de 24,8°C, uma diferença de 1,3°C. Reforçando que as áreas mais urbanizadas possuíram valores mais altos de temperatura. Nas pesquisas de Ortiz, Teixeira e Amorim (2017) realizada em dois municípios (Rancharia e Cândido Mota) do Estado de São Paulo, identificaram que as máximas intensidade de ilha de calor foram verificadas em áreas densamente construída e com vegetação arbórea esparsa.

Os maiores valores de temperatura da zona urbana do Crato foram detectados no bairro Centro, entre o cruzamento da rua Nelson Alencar com Monsenhor Esmeraldo, na rua Tristão Gonçalves, e na avenida principal do bairro Vila Alta (avenida Tomás Osterne de Alencar). À medida que o percurso foi adentrando nos bairros Caixa d'água e Parque Granjeiro, a temperatura começou a decair como aumento da altitude. A umidade também seguiu a temperatura, em uma relação inversamente proporcional.

A medição finalizou no Clube Granjeiro com temperatura de 21,2°C e 698 metros. A área apresenta baixo grau de ocupação, cobertura vegetal e no limite com outro bairro (Coqueiro) que possui também baixa ocupação. Vale ressaltar que neste último ponto o vento ficou mais forte, o que pode ter contribuído para esse valor ser ainda menor do que o registrado no Hotel Pasárgada no início do percurso, com ventos fracos e altitudes próximas.

No geral as ilhas de calor apresentaram intensidade de Fraca a Moderada. A diferença entre o ponto de maior temperatura (25,3°C) e o menor (21,2°C) foi de 3,4°C (Média intensidade). Excluindo-se os pontos com altitudes entre 600m – 500m e realizando o cálculo entre as altitudes a partir de 400 metros, registrou-se o menor valor de 23,7°C (ponto localizado na ponte do rio Granjeiro, no bairro Zacarias Gonçalves, e o de maior valor 25,3°C (nas ruas do bairro Centro). Com esses valores registrou-se uma ilha de calor de Fraca magnitude (1,6°C). No transecto noturno realizado em Maringá/PR por Minaki (2017), em alguns pontos do transecto a questão da altitude se apresentou durante o percurso, resultando em diferenças térmicas e higrométricas significativas, o que para a

autora essas questões devem ser analisadas antes de serem tratadas como resultados.

No Crato, os bairros onde apresentam um aglomerado urbano mais expressivo, com maior número de casas, ruas asfaltadas, e baixo índice de cobertura vegetal, as temperaturas tenderam a ficarem mais altas. Os materiais utilizados nas construções absorvem grande parte da radiação solar emitida durante o dia, e no período da noite começam a liberar o calor armazenado, fator que motiva as maiores temperaturas estarem concentradas nas áreas centrais, onde existe inexpressiva quantidade de vegetação que serve para atenuar os efeitos das ilhas de calor.

Segundo Gartland (2010) muitos materiais em áreas urbanas possuem menores quantidades de energia solar sendo refletida pela superfície em comparação com as áreas rurais, dois materiais encontrados nas cidades possuem baixos valores de refletância solar como os pavimentos asfálticos e coberturas asfálticas. Isso significa um aumento da energia solar sendo absorvida pelas áreas urbanas causando um aumento nos níveis de saldo de radiação durante o dia (GARTLAND, 2010).

As intensidades encontradas em cidades médias e pequenas que realizaram transectos noturnos neste mesmo horário das 21h apontaram intensidades de ilhas de calor de Fraca até Forte magnitude, demonstrando que não apenas as cidades de porte grande ou as metrópoles atingem magnitudes fortes de Ilhas de Calor. Em Juiz de Fora/MG, Assis *et al.* (2016) encontraram ilha de calor de 7,2°C entre o centro e a zona rural. Collischonn (2016) no transecto noturno realizado em Pelotas/RS, verificou ilha de calor com intensidade máxima de 5,4°C. Já Fialho, Celestino Júnior e Quina (2016) em uma cidade de pequeno porte localizada na zona da mata Mineira, Cajuri, a variação ficou em torno dos 2,1°C.

4. Fim do percurso ... o que se pode discutir e avançar nas pesquisas do clima local do Crato?

O clima é um dos fatores que tem influência direta sobre a vida dos seres humanos. Nesse sentido a proposta de utilização das técnicas e as tecnologias da climatologia urbana podem se apresentar como uma ferramenta indispensável para o planejamento urbano. À medida que esse segmento apresenta estudos contundentes sobre o clima das cidades, que

tem sido um dos problemas enfrentados pelos cidadãos. Para isso, é necessário considerar os fatores de ordem ambiental para que melhor possa ser organizado o espaço urbano.

Apesar da área de estudo ser uma cidade média, apresentou variações de temperatura de acordo com o grau de ocupação. Isso vai de encontro com o primeiro enunciado de Monteiro (2015, p.93) “O clima urbano é o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”, ressaltando que não existe um tamanho específico de cidade para que a mesma tenha a ocorrência de ilhas de calor.

Outro fator de ordem geoambiental que influenciou na área de estudo foi a questão da altitude, pois os pontos que se encontram em maiores elevações, as temperaturas se apresentaram mais amenas, mas também porque concentram maior densidade da vegetação e a ocupação é reduzida, se comparada com outras áreas mais densamente ocupada.

Para se avançar no estudo do clima local da cidade do Crato é preciso que sejam mensurados os valores térmicos em situações sazonais distintas, episódio que já foi realizado no período mais seco do ano de 2019 (setembro a novembro, meses em que se registram altas temperaturas, situação de

primavera austral), e no verão (fevereiro de 2020, com chuvas atuantes na área), faltando ainda os meses de outono, em quem se registram mais precipitações. A partir dessas outras coletas de dados será possível vislumbrar de forma mais sistemática, a variação espaço-temporal das ilhas de calor na cidade em análise. Por fim, outras propostas como a espacialização das condições socioeconômicas da cidade a partir de dados dos setores censitários, permitirá responder questionamentos de quais os grupos sociais mais sentem os efeitos das ilhas de calor.

Referências

ABREU, R.C. **A expansão urbana da cidade do Crato no contexto da região metropolitana do Cariri (RMCariri) no Estado do Ceará.** Ceará, 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2017.

AMORIM, M.C.C.T. Climatologia e Gestão do espaço urbano. **Mercator**, número especial, p. 71- 90, 2010.

AMORIM, M.C.C.T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R.S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 16, 2015.

ASSIS, D.C. de. *et al.* Mensuração de Ilhas de Calor em Juiz de Fora com Uso de Transecto Móvel. *In*: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia. 2016, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia, p. 1553- 1564. 2016.

BARROS, H.G.; PELLEGRINO, P.R.M. **A urbanização Corporativa e a ilha de calor no mundo subdesenvolvido.** Institutos de Estudos Avançados da universidade de São Paulo. Disponível em:
<http://www.iea.usp.br/pesquisa/projetosinstitucionais/usp-cidades-globais/artigos-digitais/urbanizacao-corporativa-ilha-de-calor-urbana> Acesso em: 19 Fev. 2020.

COLLISCHONN, E. Adentrando a cidade de pelotas/rs para tomar-lhe a temperatura. **Revista do Departamento de Geografia**, (spe), p.9-23, 2016.

FIALHO, E.S.; CELESTINO JÚNIOR, E.; QUINA, R.D. O campo térmico em situação episódica de primavera em uma cidade de pequeno porte, na zona da mata mineira: Um estudo de caso em Cajuri-MG. **Revista Geografia**, Recife, v. 13, n. 4, p. 300-318, 2016.

FIALHO, E.S.; FERNANDES, L.A.; CORREA, W.S.C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], jun. 2019.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Projeção da População - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>
Acesso em: 27 Set. 2019.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Crato-CE: perfil básico do município**. Fortaleza/CE. 2010.

LEFEBVRE, H. **A Cidade e o Urbano**. Espaço e Política, Editions Anthropos, n.1, p. 79-88, 1970.

MENDONÇA, F. Clima e Planejamento Urbano em Londrina. *In*: MONTEIRO, C. A. F. MENDONÇA, F. (Orgs.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2 ed. p. 93-120. 2011.

MENDONÇA, F.; O Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, Tendências e alguns desafios. *In*: MONTEIRO, C. A. F; SANT'ANNA-NETO, J. L; MENDONÇA, F; ZAVATTINI, J.A (Orgs.) **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. São Paulo: Contexto, 2 ed. p. 155-166. 2015.

MINAKI, C. Análise das características termo higrométricas de transectos móveis noturnos em episódios de inverno em

Maringá-PR. *In*: PEREZ FILHO, Archimedes; AMORIM, R. RAUL. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. 1ed.Campinas-SP: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, v. 1, p. 1622-1633, 2017.

MONTEIRO, C.A.F.A Climatologia geográfica no Brasil e a propostas de um novo paradigma. *In*: MONTEIRO, C.A.F; SANT'ANNA-NETO, J.L; MENDONÇA, F; ZAVATTINI, J.A (Orgs.) **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas/SP: Editora Alínea, 2 ed. p. 61-153. 2015.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano. *In* MONTEIRO, C. A. F. MENDONÇA, F. (Orgs.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2 ed. p. 09 – 67. 2011.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias, n. 25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 181p, 1976.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. The United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/> Acesso em: 01 Fev. 2020.

ORTIZ, G.F.P.; TEIXEIRA, D.C.F; AMORIM, M.C.C.T.

Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 21, 2017.

PORANGABA, G.F.O; TEIXEIRA, D.C.F; AMORIM, M.C.C.T.

Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 21, 2017.

SANTOS, M. **Urbanização Brasileira**. Edusp. 5. ed., v. 6. 176p., 1996.

SOUSA, R.A.F. **A cidade do Crato na rede urbana cearense: papel e importância na dinâmica urbana do Crajubar**. Fortaleza: UFC/PPGG, 2015. 201p. (Dissertação de Mestrado).

TEIXEIRA, D.C.F.; AMORIM, M.C.C.T. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 1, p. 239-256, 2017.

TSIN, P.K. *et al.* Microscale mobile monitoring of urban air temperature. **Urban Climate**, v. 18, p. 58-72, 2016.

MAPEAMENTO TÉRMICO DE CIDADE DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO COMO CONTRIBUIÇÃO AO CONFORTO HUMANO

*Rebecca Luna Lucena
Alíbia Deysi Guedes da Silva
Raila Mariz Faria*

1. Introdução

A importância da climatologia, mais precisamente do estudo do clima urbano, é indispensável na atualidade já que as modificações do espaço urbano a partir da construção civil, da verticalização de edifícios, cobertura e impermeabilização da camada do solo, traz ao ambiente alterações climáticas percebidas, principalmente, na temperatura do ar. Formando uma espécie de “oásis inverso”, as áreas urbanizadas têm apresentado temperaturas mais elevadas que o campo, caracterizando-as como “ilhas de calor” (TAHA, 1997; GARTLAND, 2010).

No estudo do clima urbano, o subsistema termodinâmico, relacionado ao conforto térmico urbano (MONTEIRO, 2003), abrange informações sobre o grau de conforto/desconforto ao qual as populações estão submetidas nas cidades. A aglomeração humana nos espaços urbanos somada a aculturação em muitas cidades tropicais quentes, dentro de um modelo globalizado, resulta no uso de materiais de construção, vestimentas e hábitos de vida incompatíveis às exigências climáticas dessas regiões (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2010; LUCENA *et al.*, 2016).

Além dos materiais utilizados na construção civil e das formas das edificações muitas vezes inadequados ao clima, a topografia local e a arborização urbana são fatores que devem ser sempre considerados num projeto urbanístico (BARBIRATO, 2010). Tanto a utilização de materiais de baixo albedo quanto a falta de arborização são atributos que muito contribuem para condições de aumento no desconforto térmico e até de problemas de saúde, interferindo na qualidade de vida da população sujeita a condições climáticas extremas em lugares quentes (LUCENA *et al.*, 2016). Disso resulta o desconforto térmico humano, que ocorre quando as reações fisiológicas ao

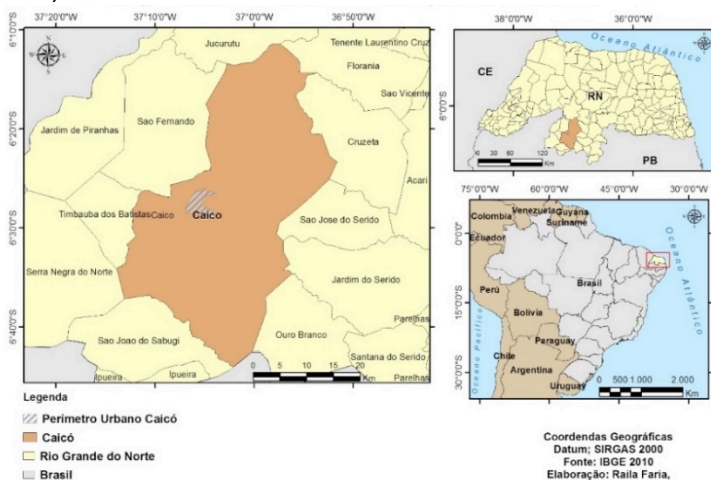
estresse térmico incluem “mudanças no metabolismo, aumento ou diminuição da pulsação cardíaca, sudorese, entre outras” (SANTOS; MELO, 2011).

Partindo do pressuposto de que o clima semiárido do Brasil apresenta, naturalmente, elevados valores de insolação e temperatura (MMA, 2007; SUDENE, 2015; REBOITA *et al.*, 2016) e, partindo do pressuposto de, que o processo de urbanização altera o albedo ao nível local, promovendo mudanças no campo térmico, gerando aumento de temperatura (OKE, 1996; BITTENCOURT, 2010), nosso objetivo principal foi o de realizar um monitoramento climático e mapear o comportamento térmico de uma cidade quente e em processo de urbanização no semiárido brasileiro. A cidade escolhida foi Caicó, localizada no semiárido do estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

Caicó é a mais importante cidade da região do Seridó do estado do Rio Grande do Norte devido ao forte desenvolvimento relativo às atividades comerciais, da pecuária, dos grandes eventos festivos, do número de estabelecimentos de ensino, etc. Sua população estimada é de 63.000 habitantes (IBGE, 2013). Localizado numa zona de baixa latitude a 6º 27' 30" Sul e a 37º 05' 52" Oeste, com altitude média de 161

metros, o que lhe confere características climáticas bem particulares, como altas taxas de radiação e temperaturas elevadas durante todo o ano. Abrange uma área de 1.229 km² (IBGE, 2013).

Figura 1: Mapa de localização de Caicó, cidade escolhida para o estudo, localizada no semiárido do estado do Rio Grande do Norte



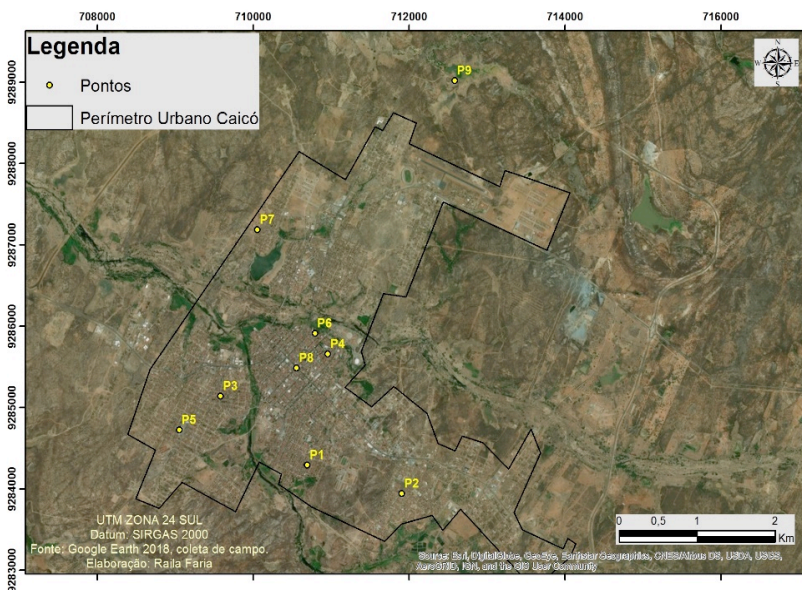
Elaboração: os autores (2020).

2. Procedimentos metodológicos

Para realizar o mapeamento térmico de Caicó/RN, foram escolhidos 9 pontos específicos, sendo 8 localizados no perímetro urbano e 1 na zona rural (Figura 2), para fins

comparativos. Aos pontos escolhidos, atribuiu-se as seguintes denominações referentes as características predominantes como nomes de bairros, características físicas e pontos de referência nas proximidades do local ao qual os equipamentos foram fixados.

Figura 2: Localização dos pontos monitorados em Caicó



Elaboração: os autores (2020).

Ponto 1 (Paraíba- Rua larga calçada, sem árvores, posição nascente), Ponto 2 (Coacal- Rua larga calçada, sem árvores, posição

poente), Ponto 3 (João XXIII- Rua calçada, fundo de vale, posição sul), Ponto 4 (Casa do Estudante- Rua muito estreita calçada, sem árvores, densamente habitada, posição sudeste), Ponto 5 (CAIC- Ponto elevado, topo de encosta sobre solo natural, posição norte), Ponto 6 (Rua Arborizada- Rua estreita calçada, completamente arborizada, posição poente), Ponto 7 (Recreio- Rua larga de barro, sem árvore, posição nascente), Ponto 8 (Av. Coronel Martiniano- avenida asfaltada, parcialmente sombreada, posição norte) e Ponto 9 (Pousada Céu Azul – zona rural, solo natural, posição norte), ver Figura 2. Cada local foi escolhido seguindo informações sobre o desenho urbano obtidas em Romero (2013).

Escolhidos os pontos, a coleta de dados se deu por meio da instalação de aparelhos termohigrômetros automáticos da marca Akso AK 170, que fizeram o registro horário das variáveis temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%). O período de coleta dos dados cobriu quase 10 meses, sendo de 05 de maio de 2016 a 15 de fevereiro de 2017, contemplando o período mais quente e seco na região (inverno e primavera austral), somando assim um total de 6.888 dados horários por ponto.

Os dados obtidos foram processados no Libreoffice Calc, sendo tabulados e posteriormente analisados por meio de

técnicas estatísticas, onde foram identificados os valores máximos e mínimos absolutos, a média aritmética, a amplitude e o desvio padrão da série (diária, mensal e total). A partir da mineração e interpretação estatística dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, foram então gerados os mapas de interpolação no programa ArcGis 10.3, identificando os lugares mais quentes/frescos no município de Caicó.

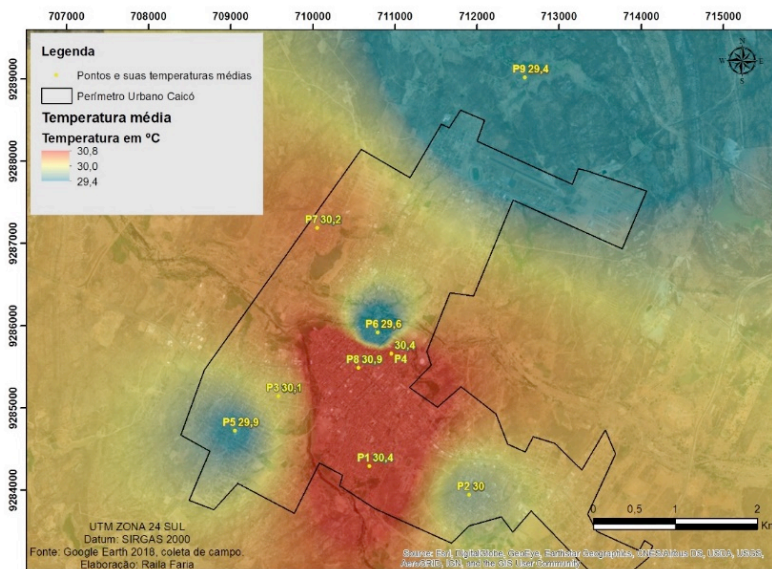
3. Resultados e principais apontamentos da pesquisa

Ao analisar os dados obtidos, e partindo de uma função comparativa, observou-se uma diferença de $1,5^{\circ}\text{C}$ entre as temperaturas médias do ponto destacado com a maior temperatura ($30,9^{\circ}\text{C}$), referente a Avenida Coronel Martiniano - Ponto 8, localizada no centro da cidade e o ponto com a menor temperatura ($29,4^{\circ}\text{C}$), referente a Pousada Céu Azul, localizada em zona rural, ao norte da cidade - Ponto 9 (Figura 3).

Ainda analisando as médias de temperatura, mas agora somente no perímetro urbano, observou-se o Ponto 6, referente a uma rua completamente arborizada, como detentor da menor temperatura média, apresentando $29,6^{\circ}\text{C}$, evidenciando-se desta forma uma diferença de $1,3^{\circ}\text{C}$ entre

pontos localizados na faixa urbana (ver na figura 03 o ponto 6 aparece como uma “ilha azul” dentro do polígono urbano). Os demais pontos na área urbana obtiveram valores muito próximos de temperatura médias $\sim \geq 30^\circ\text{C}$. Merecendo destaque os pontos com temperaturas mais amenas, o Ponto 6 (citado anteriormente - rua arborizada $29,6^\circ\text{C}$) e o Ponto 5, localizado numa área mais elevada e menos habitada (CAIC $29,9^\circ\text{C}$), ver Figura 3.

Figura 3: Mapa das Temperaturas médias de Caicó



Elaboração: os autores (2020).

Torna-se evidente a diferença nas temperaturas obtidas mediante as características locais, que possibilitam uma notável diferenciação térmica entre a zona urbana e rural, mas também dentro do próprio perímetro urbano. Tal distinção se dá mediante as características físicas dos determinados pontos, como por exemplo o Ponto 8, que obteve as mais elevadas temperaturas, caracterizado por ser uma rua asfaltada, exposta a uma intensa incidência solar. Já o Ponto 6, que se trata de uma rua estreita, totalmente coberta por árvores, o que possibilita a um ambiente inteiramente sombreado durante todo o dia, diminuindo suas temperaturas máximas, mesmo com solo do tipo calçamento. Ambos se encontram em ambiente densamente urbanizado, ver Figura 4 A – B. O ponto 9, com aspecto rural, apresentou a temperatura menor média, como era de se esperar, pois está fora da “ilha de calor” detectada em Caicó (Figura 3 e 4 C).

Figura 4: Em **A** – Ponto 8 Av. Coronel Martiniano; Em **B** – Ponto 6 Rua arborizada; e em **C** – Ponto 9 área rural



A

B

C

Elaboração: os autores (2020).

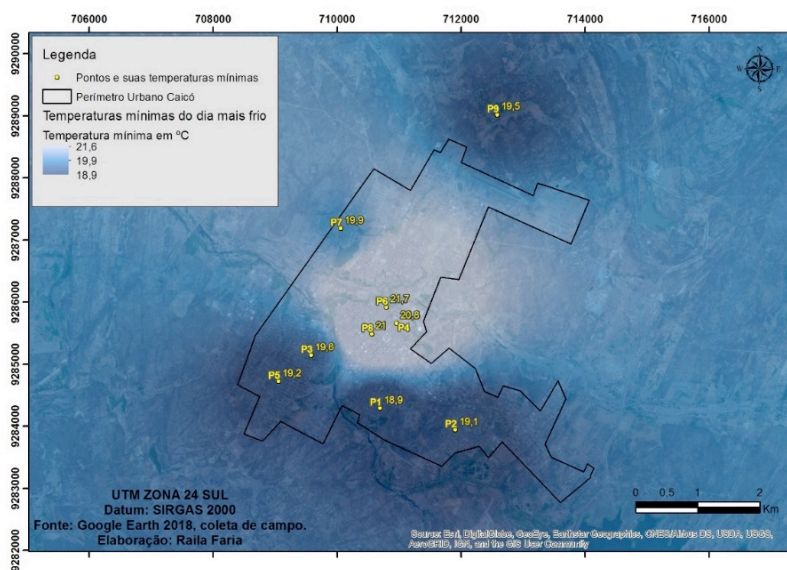
Sobre as temperaturas mínimas observadas, obtivemos uma diferença de $2,9^{\circ}\text{C}$ entre o ponto de maior e menor temperatura mínima. Destacando-se o Ponto 6 (Rua Arborizada) como a maior temperatura mínima registrada ($21,6^{\circ}\text{C}$) e o Ponto 5 (CAIC) apresentando a menor temperatura mínima registrada ($18,7^{\circ}\text{C}$).

Tal resultado nos faz refletir que a rua arborizada, ao mesmo tempo que não permite um aumento excessivo de temperatura também não permite grande queda da mesma, apresentando também a menor amplitude térmica dentre todos locais analisados. É importante destacar que, em se tratando das temperaturas mínimas, a área densamente urbanizada, o centro da cidade, registrou as temperaturas mais elevadas, todas superiores aos 20°C .

Assim, o mapa gerado (Figura 5) mostra nitidamente a ilha de calor presente em Caicó, bem no centro do polígono urbano, que possui a área mais densamente povoada. A medida que há afastamento do centro as temperaturas mínimas tendem a diminuir.

Através dos resultados dessa pesquisa, da geração de dados primários de temperatura, pôde-se realizar o mapeamento térmico de Caicó, onde foi possível constatar a presença de ilha de calor no centro do polígono urbano (Figuras 3 e 5).

Figura 5: Mapa das Temperaturas mínimas de Caicó



Elaboração: os autores (2020).

Destacamos a importância do monitoramento térmico em ambientes de clima semiárido e submetidos ao processo de urbanização, pois, mesmo se tratando de uma cidade de pequeno porte, como Caicó, foi constatado que o uso do solo pode modificar o balanço de radiação ao nível local, gerando aumento de temperatura em determinados locais da cidade, o que pode repercutir na sensação térmica e no bem estar da sua população. Foi visto que a atuação humana no meio altera as características térmicas próximas a superfície e essa modificação está relacionada a ações que envolvem a construção civil, a rugosidade e densidade de construções, a distribuição das áreas verdes, etc. Todos esses fatores da urbanização implicam de maneira direta na determinação de climas locais, estes denominados de climas urbanos (LOMBARDO, 1985). Desse modo, em ambientes naturalmente quentes, o clima urbano pode interferir direta e negativamente no bem estar da população, mesmo sendo o ser humano biologicamente heterogêneo, podendo exibir diferentes impressões térmicas exposto ao mesmo ambiente climático (LAMBERTS; XAVIER, 2008).

Concordando com a afirmação de Almeida Júnior (2005); Santos *et al.* (2012), quando estes afirmam que as mudanças na paisagem, através das diversas formas de uso e ocupação do solo, como o asfaltamento das ruas têm gerado transformações significativas na dinâmica climática de áreas urbanas no Brasil. Localizada na região Nordeste do Brasil, em meio ao semiárido potiguar, a cidade de Caicó, em sua dinâmica de desenvolvimento estrutural, acaba apresentando um “*mix*” de realidades espaciais representadas por estruturas urbanas arquitetônicas, de uma cidade em desenvolvimento, porém sob um arranjo de desorganização espacial (FARIA, 2011). No caso em análise, essas estruturas foram responsáveis pelos diferentes valores de temperatura encontrados, expondo a população à diferentes sensações térmicas.

Por fim, destacamos aqui a importância da arborização enquanto forma de arrefecimento urbano. Assim, pôde-se notar que em Caicó/RN, localidades tão próximas apresentaram temperaturas distintas, e na área urbana, isso se deu em presença das diferenças topográficas e, principalmente, de cobertura vegetal (pontos 5 e 6). Podemos então justificar que a introdução de árvores nos perímetros urbanos em cidades do

semiárido brasileiro vai além dos benefícios que se pode imaginar.

Referências

ALMEIDA JÚNIOR, N.L. **Estudo de Clima Urbano**: uma proposta metodológica. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas da Terra, Cuiabá, 2005.

BARBIRATO, G. M. A importância da abordagem climática no planejamento urbano. *In*: OLIVEIRA, J. C. F. de. **Atmosfera e sociedade: a ação da atmosfera sobre os seres vivos e a qualidade de vida humana**. v. 1. Maceió: EDUFAL, 2010.

BITTENCOURT, L. S. O clima como formador do repertório arquitetônico. *In*: OLIVEIRA, J. C. F. de **Atmosfera e sociedade: a ação da atmosfera sobre os seres vivos e a qualidade de vida humana**. v. 1. Maceió: EDUFAL, 2010.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **IBGE Estados**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rn> Acesso em: 11 Nov. 2013.

FARIA, C. E. **Os eventos geográficos e a expansão urbana de Caicó**: desigualdades e coexistências na urbe. Natal, IFRN Editora, 2011.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto e Stress térmico**. Florianópolis: LabEEE, 2008.

LOMBARDO, M. A. Urbanização e ilha de calor. In _____ (Org.). **Ilha de calor nas metrópoles**: O exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985.

LUCENA, R.L. *et al.* Heat and human comfort in a town in Brazil's semi-arid region. **The International Journal of Climate Change**: Impacts and Responses, v. 8, p. 15-30, 2016.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SANTANA, M. O (Org). **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: Ed: MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2 Ed. New York: Routledge, 1996.

REBOITA, M.S. *et al.* Causas da Semi-aridez do sertão nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 19, p 254 - 277, 2016.

RIBEIRO, E.L.; OLIVEIRA, J.C.F. de. Biometeorologia urbana e saúde coletiva em duas cidades de clima tropical úmido. *In*: OLIVEIRA, J.C.F. de (Org.) **Atmosfera e sociedade**: a ação da atmosfera sobre os seres vivos e a qualidade de vida humana. v.1. Maceió: EDUFAL, p. 23-41, 2020.

ROMERO, M.A.B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2013.

SANTOS, J.S. *et al.* Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l], v.3, p. 540 – 557. 2012.

SANTOS, W.R.T.; MELO, M.L.D. Índices de conforto e desconforto térmico humano segundo os cenários climáticos do IPCC. *In* OLIVEIRA, J.C.F. **Atmosfera e sociedade: aspectos multi e interdisciplinares da meteorologia**. Maceió: EDUFAL, 2011.

SUDENE. SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Região Nordeste**. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/area-de-atuacao-da-sudene/regiao-nordeste> Acesso em: 09 Mar. 2015.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Energy and Buildings**. v. 25, p. 99-103. 1997.

ESTUDOS DO CLIMA URBANO NA CIDADE DE MOSSORÓ, RIO GRANDE DO NORTE

Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva

Amanda da Mota Araujo

Letícia Gabriele da Silva Bezerra

1. Introdução

As transformações realizadas pelo trabalho humano e os seus impactos na natureza estão marcadamente presentes nos ambientes urbanos. Estas áreas apresentam as desigualdades existentes entre os diferentes grupos que compõem a sociedade e a relação destes com a natureza. O comportamento dos elementos climáticos nas cidades é intimamente influenciado pelas características destes locais e pelo processo de urbanização.

As configurações climáticas locais, fruto das atuais características das áreas urbanas, podem apresentar dinâmicas como: alterações no comportamento e nos valores de temperatura e de umidade relativa do ar, geração de diferentes

níveis de conforto térmico, modificações na direção e velocidade dos ventos, alteração na qualidade do ar, disseminação de vetores de doenças relacionados ao agravamento dos problemas de saúde e impactos pluviais (SARAIVA, 2014).

O tratamento do clima urbano, como um dos componentes da qualidade ambiental não poderá ser considerado insignificante para o mundo moderno (MONTEIRO, 1991). Os estudos do clima urbano apresentam importância multidisciplinar e significantes para planejamento e gestão urbana.

Para alicerçar este estudo foi utilizada a teoria desenvolvida por Monteiro (1976, p.95), o Sistema Clima Urbano (S.C.U). O autor afirma que “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Os recursos empregados por Saraiva (2014), Araujo (2017), Bezerra (2019) e Araujo (2019) na cidade de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, serão as principais bases para pensar o uso das técnicas e metodologias utilizadas nas pesquisas que serão apresentadas neste capítulo.

Os trabalhos analisados foram: Saraiva (2014) que investigou o campo termohigrométrico da cidade de Mossoró;

Araujo (2017) que estudou o conforto térmico e a arborização em três praças no bairro Centro da cidade; Bezerra (2019) que analisou o microclima em onze áreas externas de uma universidade; e Araujo (2019) que realizou um estudo microclimático em quintais residenciais.

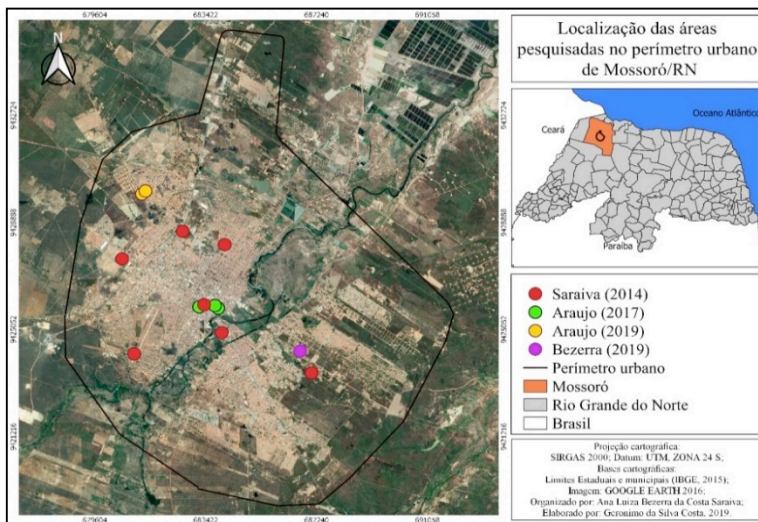
2. Seleção dos pontos de coleta de dados climáticos

A definição do número de pontos geralmente é imposta pela quantidade de equipamentos e a disponibilidade da equipe para realizar os trabalhos de campo. A Figura 1 apresenta a espacialização dos pontos estudados pelas referidas autoras.

Saraiva (2014) selecionou nove pontos de coleta, sete na zona urbana e dois na zona rural de Mossoró no ano de 2012. Para a seleção dos pontos foram utilizadas a análise das características ambientais da cidade de Mossoró, o contexto histórico de ocupação da cidade, os produtos cartográficos produzidos a partir dos planos de informações do município, o Plano Diretor Municipal, além de referências bibliográficas e trabalhos de campo. Para os pontos localizados na zona rural, foi utilizado o critério de diferentes usos da terra, onde um

ponto se tratava de uma área do agronegócio da fruticultura e o outro era uma fazenda experimental com a presença de diferentes espécies.

Figura 1: Localização das áreas pesquisadas no perímetro urbano de Mossoró/RN



Fonte: IBGE (2015). Organização: os autores (2020).

Araujo (2017), no ano de 2016, realizou pesquisa sobre o conforto térmico e arborização em três praças no bairro Centro na cidade de Mossoró. A escolha do bairro Centro se deu pela importância socioeconômica, pelo adensamento predial e pelo intenso fluxo diário de pessoas destinadas ao comércio, serviços e lazer. O número de praças foi definido em

relação ao objetivo da pesquisa, que foi analisar o conforto térmico com relação a três padrões distintos de arborização, sendo selecionadas as praças: da Independência, Vigário Antônio Joaquim e Rodney Andrade (ARAUJO, 2017).

Bezerra (2019), realizou uma pesquisa em onze áreas externas de convivência social no Campus Central da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) no ano de 2018. O número de locais estudados foi definido em virtude de a disponibilidade dos equipamentos. Como requisitos de escolha, as áreas deveriam possuir ao menos um banco para o repouso e padrão de arborização distintos entre si e serem utilizadas no período de manhã e/ou tarde, pois a coleta de dados foi realizada entre às 8h e às 16h. Em alguns pontos estudados, o abrigo meteorológico ficou exposto diretamente à radiação solar, pois a área apresentava pouca ou nenhuma densidade arbórea e em outros pontos o abrigo meteorológico ficou acomodado embaixo de uma árvore, pois a área possuía densidade arbórea significativa (BEZERRA, 2019).

Já Araujo (2019) trabalhou com microclimas de quintais residenciais arborizados e não arborizados com a finalidade de verificar o comportamento dos elementos climáticos desses

quintais e suas influências para o conforto térmico dos moradores em um bairro da cidade de Mossoró. Para a escolha do bairro a autora utilizou o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana (ICVAU), aplicado por Silva (2015), além de leituras dos mapas de Temperatura da Superfície Terrestre (TST) disponíveis no trabalho de Vale (2017). Com base em ambos os trabalhos, escolheu-se o Conjunto Habitacional Abolição IV, onde foram definidos dois quintais residências para serem pesquisados, um quintal com árvores e um quintal sem árvores, a fim de verificar o comportamento dos elementos climáticos nestes quintais (ARAUJO, 2019).

3. Coleta dos dados em pontos amostrais fixos e móveis

Nos estudos climáticos que utilizam os pontos amostrais fixos, as bases coletoras dos dados permanecem nos mesmos pontos durante todo o trabalho de campo. Pode-se utilizar uma estação meteorológica automática (Figura 2), como as que são utilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em sua rede de Estações Automáticas de Superfície (EMA), bem como utilizar equipamentos distintos. Para as pesquisas que utilizam diferentes equipamentos destinados à coleta dos

elementos climáticos, recomenda-se o processo de calibração descrito por Saraiva (2014).

Estes equipamentos são acomodados em abrigos meteorológicos que podem ser vendidos junto com os equipamentos ou podem ser construídos de madeira (Figura 3), como sugere Saraiva (2014). Os abrigos têm a finalidade de evitar que os equipamentos fiquem diretamente expostos as diferentes condições atmosféricas. Para a coleta em pontos amostrais móveis o aparelho coletor de dados é acomodado a um veículo que percorre diferentes áreas da cidade, fornecendo assim informações de diferentes pontos.

Figura 2: Estação meteorológica automática do INMET localizada na Zona Rural de Mossoró



Fonte: Saraiva (2014).

Figura 3: Abrigo meteorológico construído de madeira



Fonte: Bezerra (2019).

Um trabalho desenvolvido em Mossoró com esse tipo de metodologia foi realizado por Saraiva, Vale e Zanella (2019, no prelo). Em um veículo estilo Picape foi acomodado um abrigo meteorológico de madeira de 1,50m contendo um sensor de temperatura do ar (Vaisala, MAWS 301), ficando a uma distância de 2m do solo (Figura 4).

Figura 4: Abrigo meteorológico acomodado na parte superior e externa do veículo



Fonte: Saraiva, Vale e Zanella (2019, no prelo).

O veículo percorreu diferentes áreas da cidade como, por exemplo: áreas residenciais, comerciais e áreas nas margens do Rio Apodi-Mossoró que são áreas destinadas à

preservação permanente. Com base nessas áreas foram selecionados 17 pontos urbanos para coleta de dados que ocorreram em dois momentos do dia: das 05 às 06 horas da manhã e das 20 às 21 horas da noite (SARAIVA; VALE; ZANELLA, 2019, no prelo).

4. Análise dos dados climáticos

A etapa de análise dos dados ocorre pela observação do comportamento dos elementos climáticos, bem como com base na comparação dos diferentes pontos estudados. Também é possível utilizar diferentes índices ou classificações, além da comparação entre os resultados encontrados em outros estudos com mesma temática.

Na pesquisa de Saraiva (2014), por exemplo, uma das formas que a autora trabalhou seus dados climáticos foi por meio da análise das ilhas de calor e ilhas de frescor em Mossoró no ano de 2012.

Saraiva (2014), explica que a ilha de calor intra-urbana é aquela encontrada dentro do perímetro urbano, ou seja, a diferença simultânea entre as temperaturas do ponto mais quente e do ponto mais frio. Já a ilha de calor inter-urbana é

aquela encontrada no município, sendo a diferença simultânea entre as temperaturas encontradas do ponto mais quente e o ponto de referência da zona rural. Por fim, a ilha de frescor encontrada no município é a diferença simultânea entre a temperatura encontrada do ponto com a menor temperatura e o ponto de referência da zona rural.

Os dados climáticos também podem ser submetidos a cálculos que resultam em categorias ou classificações de índices de conforto ou desconforto térmico. Mas é preciso destacar que o uso destes índices tem como propósito apenas de ser utilizado como parâmetro, uma vez que a sensação térmica é um conceito subjetivo. Além disso, alguns índices que propõe a classificação de conforto/desconforto térmico não utilizam em suas fórmulas elementos climáticos que são fundamentais para análise do conforto térmico como, por exemplo, a velocidade do ar.

Alguns trabalhos de clima urbano que foram desenvolvidos na cidade de Mossoró utilizaram o Índice de Calor (IC) (NWS; NOAA, 2011) e o Índice de Desconforto Humano (IDH) (ONO; KAWAMURA, 1991).

A fórmula do IC foi elaborada por Steadman em 1979, mas posteriormente foi adotado pela *National Weather Service* (NWS) juntamente com o departamento da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Esse índice é o fruto da combinação da temperatura do ar e da umidade relativa do ar e o resultado consiste na temperatura que supostamente é sentida no corpo humano (NWS; NOAA, 2011).

O IC foi desenvolvido para situações que o indivíduo esteja em local sombreado e em condições de vento fraco (NWS; NOAA, 2011). Em suma, o índice propõe estimar a intensidade de calor que é sentida no corpo humano quando exposto a determinados valores de temperatura e umidade.

O índice apresenta níveis de alertas e os respectivos sintomas fisiológicos que podem acarretar sobre o organismo humano, conforme pode ser verificado no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação do Índice de Calor e os respectivos efeitos sobre o corpo humano

Classificação	Índice de Calor	Possíveis efeitos sobre o corpo
Não há alerta	<26,6°C	-
Cuidado	26,6 °C – 32,2 °C	Possível fadiga com a exposição prolongada e ou/ atividade física
Extrema cautela	32,3 °C – 39,4 °C	Possível insolação câimbras ou exaustão com a exposição prolongada e ou/ atividade física
Perigo	39,5 °C – 51,1 °C	Possível insolação câimbras ou exaustão com a exposição prolongada e ou/ atividade física
Extremo perigo	>51,6 °C	Insolação altamente provável

Fonte: NWS; NOAA (2011). Tradução nossa.

O Índice de Desconforto Humano estabelece categorias de conforto e desconforto humano (Quadro 2). Na fórmula descrita por Ono e Kawamura (1991), também são utilizados os elementos temperatura do ar e umidade relativa do ar.

Os resultados apresentados pelos índices serviram como indicadores de conforto e desconforto térmico, porém as autoras destacam que os índices não substituíram a análise do comportamento dos elementos climáticos e das

particularidades do local, uma vez que os índices não foram desenvolvidos para áreas semiáridas.

Quadro 2: Classificação do IDH

IDH	Categorias- sensação de conforto
> 80	Estresse devido ao calor
75 > IDH > 80	Desconfortável devido ao calor
60 > IDH > 75	Confortável
55 > IDH > 60	Desconfortável devido ao frio
IDH < 55	Estresse devido ao frio

Fonte: Ono; Kawamura (1991). Tradução nossa.

Nas pesquisas de clima urbano desenvolvidas em Mossoró o Índice de Calor e o Índice de Desconforto Humano já foram utilizados, especialmente nos trabalhos de Saraiva, Vale e Zanella (2017); Araujo (2017), Bezerra (2019) e Araujo (2019).

5. Utilização de entrevistas sobre o conforto térmico

Segundo Lamberts (2016) o conceito de conforto térmico está situado no campo do subjetivo e depende de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. O conforto térmico

depende de variáveis ambientais como a temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar e as variáveis pessoais que envolvem o sexo, idade, tipo de vestimenta, atividade desenvolvidas e estilo de vida (MOURA, 2015). Desta forma, o conforto térmico é o estado mental que exprime a satisfação da pessoa com o ambiente que o circunda (LAMBERTS, 2016).

Considerando a subjetividade desse conceito se faz necessário não somente utilizar os dados dos elementos climáticos e os índices, que mensurem ou classifiquem o conforto ou desconforto térmico, mas também levar em consideração a percepção térmica do indivíduo, no qual podem ocorrer por meio da aplicação de questionários e entrevistas.

Nas pesquisas de Saraiva, Vale e Zanella (2017) e Araujo (2017) as autoras trabalharam com a realização de entrevistas em duas praças públicas de Mossoró associados a coleta de dados climáticos. O objetivo era conhecer a percepção térmica das pessoas, além de entender também se o desconforto térmico afetava negativamente o cotidiano e a qualidade de vida dessas pessoas.

Na pesquisa de Araujo (2017), foram aplicados 173 questionários com pessoas que transitavam nas praças estudadas. Um dos questionamentos era se o calor causava algum sintoma desagradável neles e 78% dos entrevistados responderam que sim e sempre pontuando mais de um sintoma, onde os mais citados foram: dor de cabeça, mal-estar, estresse, cansaço e tontura.

Um ponto a se destacar neste trabalho é que a autora utilizou o IDH em seus dados climáticos e para o índice os resultados encontrados foram somente de categorias de desconforto térmico. Entretanto, 34% das 173 pessoas que foram abordadas no momento em que estavam nas praças, disseram que estavam se sentindo confortáveis. Ao comparar as respostas das pessoas com os resultados do índice só mostra que a sensação térmica do indivíduo deve ser levada em consideração e que o uso de entrevistas nesta pesquisa foi de fundamental importância (ARAUJO, 2017).

Já Araujo (2019), além de coletar dados climáticos em dois quintais residenciais, também aplicou entrevistas com os residentes. O objetivo da autora era entender a percepção dos moradores quanto às questões de conforto térmico em relação

a sua residência e quintal, bem como correlacionar as respostas dos moradores com os dados climáticos encontrados em seu quintal.

As entrevistas foram aplicadas com duas moradoras do Conjunto Habitacional Abolição IV, onde o quintal de uma delas continha presença de árvores, enquanto o quintal da outra moradora não continha presença de árvores. Foram feitas 42 perguntas que envolviam o dia a dia delas tanto em suas residências quanto em seus quintais (ARAUJO, 2019).

Diante desses resultados é perceptível que a utilização de entrevistas é fundamental nos estudos de clima urbano que abordem o conforto térmico. Inclusive essa abordagem do conforto térmico, que vem sendo desenvolvida nos estudos microclimáticos em Mossoró, é extremamente relevante, visto a realidade climática da cidade.

6. Considerações finais

As metodologias e técnicas abordadas neste capítulo demonstram a complexidade intrínseca aos estudos climáticos. As etapas mencionadas, desde a escolha da escala climática até a análise dos dados climáticos, suscitam dos pesquisadores e

pesquisadoras tempo, aparato técnico, a organização de uma equipe de trabalho, atividades de campo, muitas vezes exaustivas, e dedicação para organizar, leitura e analisar dos dados coletados

Além disso, se faz necessário o acesso a aparelhos e instrumentos destinados à coleta de dados climáticos. O acesso e a quantidade de aparelhos disponíveis ao pesquisador podem definir o tipo de coleta, além de definir também o número de seleção dos pontos estudados. Infelizmente, muitas instituições não dispõem dos equipamentos necessários para a realização deste tipo de trabalho, o que pode inviabilizar a realização de pesquisas sobre climatologia.

De acordo com as pesquisas citadas neste trabalho, percebe-se que a utilização de índices como o Índice de Calor e o Índice de Desconforto Humano auxiliam na etapa de análise dos dados climáticos e no entendimento da relação entre o clima local e a população.

No que diz respeito à discussão sobre conforto térmico humano, a aplicação de entrevistas se mostra extremamente relevante, especialmente quando correlaciona a percepção

térmica das pessoas com os dados climáticos e os resultados dos índices.

As pesquisas de clima urbano que foram desenvolvidas na cidade de Mossoró evidenciaram a relação entre o uso da terra, suas características e a importância que a vegetação exerce sobre o clima local. A percepção térmica dos cidadãos só reforça o quanto o clima pode afetar a qualidade de vida dessas pessoas. Portanto, esses estudos podem servir de subsídio para o desenvolvimento de mais pesquisas relacionadas a essa temática, bem como para o planejamento e gestão urbano das cidades.

Referências

ARAUJO, A. M. **Arborização e conforto térmico humano: um estudo de caso em três praças públicas do centro urbano de Mossoró/RN**. 2017. 61 f. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2017.

ARAUJO, A. M. **A importância da arborização em quintais residenciais para o conforto térmico em áreas urbanas: um estudo na cidade de Mossoró (RN)**. 2019. Trabalho de Qualificação (Mestrado em Geografia) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.

BEZERRA, L. G. S. **Análise microclimática das áreas de convivência do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – episódio de primavera.** 2019. 85 f. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações.** 7. Ed. Florianópolis: 2016.

MONTEIRO, C.A.F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul.**, Florianópolis, v. 5, n. 9, p. 57- 74, 1991.

MOURA, I. R. **Relações Socioambientais:** Os casos de mortalidade por infarto do miocárdio na cidade de Teresina-PI. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

NWS, National Weather Service; NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. **What is the heat index?**. Amarillo, Texas: NWS/NOAA, 2011.

ONO, H.S.P.; KAWAMURA T. Sensible Climates in Monsoon Asia. **International Journal of Biometeorology**, v. 35, p. 39-47. 1991.

SARAIVA, A.L.B.C. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico.** 2014. 243 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SARAIVA, A.B.C.S; VALE, C.C; ZANELLA, M. E. **Análise do clima urbano de Mossoró-RN por meio de transectos móveis matutinos e noturnos.** Mossoró, 2019. No prelo.

SARAIVA, A.L.B.C.; VALE, C.C.; ZANELLA, M.E. Comportamento dos elementos climáticos no município de Mossoró (RN) e os impactos na saúde humana. **Revista GeoInterações.** Assú, v.1, n.1, p.87-105, 2017.

SILVA, A.A.**Classificação orientada a objeto para mapeamento da cobertura vegetal da zona urbana de Mossoró/RN.** 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2015.

VALE, W.K.S. **Clima urbano: mapeamento e análise das ilhas de calor da cidade de Mossoró.** 2017. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2017.

PARTE II
CLIMATOLOGIA REGIONAL

AS CHUVAS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA NORDESTINA SOB O ENFOQUE DA ANÁLISE RÍTMICA

*Michaell Douglas Barbosa Pereira
Marcelo de Oliveira Moura*

1. A Zona da Mata do Nordeste brasileiro

O Nordeste brasileiro (NEB) apresenta grande diversidade geográfica quanto aos aspectos físico - naturais, socioeconômicos e culturais. O seu litoral é dividido em duas grandes regiões costeiras: a costa oriental do Nordeste, que é historicamente conhecida como Zona da Mata nordestina (ANDRADE, 1986), e, a costa setentrional. Na primeira, predomina a Mata Atlântica, influenciada por um clima mais úmido e chuvoso, diferenciando-se da costa setentrional que é mais seca, e tem o predomínio da vegetação do tipo caatinga (DINIZ *et al.*, 2016).

Dentre os fatores naturais predominantes no Nordeste, Andrade (1986, p. 25) cita que “o elemento que marca mais sensivelmente a paisagem, e mais preocupa o homem é o

clima, através do regime pluvial e exteriorizado pela vegetação natural”. Em toda a Zona da Mata os altos índices de pluviosidade, em relação ao resto desta região, tornam-se uma característica marcante, isto faz desta área, o setor mais úmido do Nordeste do Brasil.

Outras características físico - naturais da Zona da Mata é reflexo do alto volume pluviométrico da região, como uma rede hidrográfica mais expressiva, com rios perenes e a presença de uma vegetação densa, e de grande porte, que é a Mata Atlântica - o que caracteriza o termo Zona da Mata (ANDRADE, 1986; DINIZ *et al.*, 2016). Tais características são e foram de fundamental importância para a ocupação/transformação deste espaço geográfico.

A Zona da Mata do NEB (Figura 1) foi o primeiro território ocupado no processo de colonização do país, onde surgiram os primeiros ciclos econômicos, como a exploração extrativista do pau-brasil e a produção canavieira. A ocupação e a exploração destas terras marcaram profundamente não só a organização espacial desta região, como também sua paisagem, sua economia e sua história. (ANDRADE, 1986; ANDRIGHETTI, 1998; FREYRE, 2004).

A região possui grande importância econômica para todo o Nordeste (DINIZ *et al.*, 2016). É uma das regiões mais densamente povoadas do Brasil (IBGE, 2010), onde se encontra seis das nove cidades - capitais do Nordeste.

Figura 1: Zona da Mata do Nordeste brasileiro



Fonte: adaptado de Andrade (1986).

Apesar da grande representatividade das características físico-naturais, demográficas, históricas e econômicas dessa região, a área possui muita carência de estudos relacionados à climatologia regional sob o viés geográfico. Assim, algumas questões/lacunas sobre a climatologia da Zona da Mata permanecem em aberto, destacamos: A Massa Equatorial Atlântica Sul e Massa Tropical Atlântica atuam em conjunto ao longo de toda região, ou atuam de forma isolada, sem relações entre si? Atuam em áreas específicas? Neste caso, quais áreas? Qual a frequência e a intensidade com que as Frentes Frias atuam ao longo da região? As Ondas de Leste possuem a mesma frequência e intensidade de atuação em toda a região? Qual sistema atmosférico ou massa de ar é mais importante para a produção das chuvas na Zona da Mata?

Diante destas questões buscou-se identificar a participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes na região, bem como seus reflexos na variação dos elementos climáticos, principalmente das chuvas, identificando assim, os padrões pluviométricos presente na região da Zona da Mata nordestina.

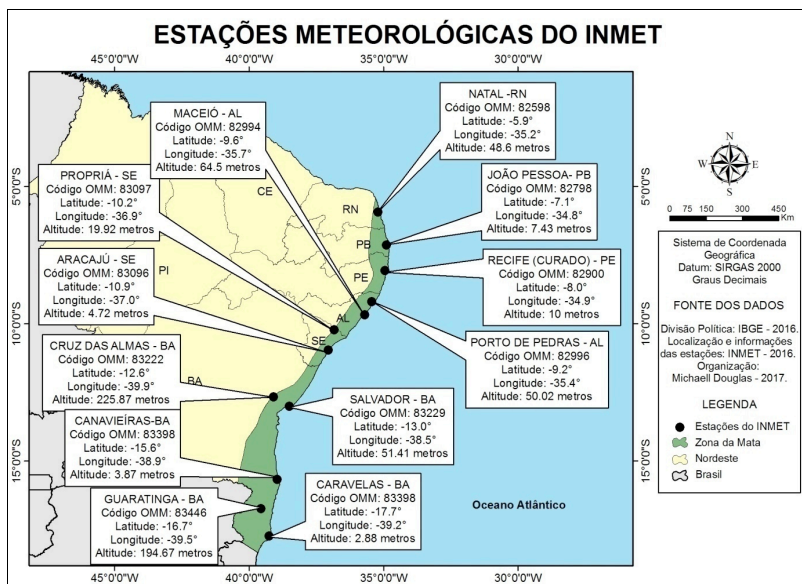
2. Aplicação da técnica da análise rítmica

A técnica da análise rítmica proposta por Monteiro (1971) é um procedimento de investigação geográfica dos tipos de tempo em sua sucessão habitual e extrema, condição que estabelece o ritmo climático. Inicialmente, para o emprego dessa técnica, é necessário realizar a escolha de períodos ou anos – padrão (em escalas anual, estacional, mensal ou episódico). Estes devem ser amostras representativas do padrão habitual e extremo do ritmo climático da série temporal analisada. Estes períodos tornam viável a escala diária para a análise dos padrões climáticos de uma região.

Para a escolha dos anos - padrão, Barros e Zavattini (2009) afirmam que no Brasil – país tropical – a chuva é o atributo climático com melhor capacidade de traduzir as variações rítmicas presentes num dado período. Portanto, a escolha dos períodos padrão pode ser realizada a partir da análise da chuva na escala desejada. Neste estudo foram utilizados dados pluviométricos de superfície de doze estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) presentes na região da Zona da Mata Nordestina (Figura 2). O recorte temporal utilizado corresponde ao período entre 1995 a 2016 (22 anos). Utilizando a técnica dos quantis elaborada por Pinkayan (1966), pode-se classificar os anos

da série pluviométrica em: secos, chuvosos e normais ou habituais. Com essa classificação foram eleitos os anos - padrão mais representativos nas classes: Muito Seco (2016), Normal (2002) e Muito Chuvoso (2000).

Figura 2: Localização das estações meteorológicas do INMET na região da Zona da Mata do NEB



Posteriormente é recomendado a utilização de cartas sinóticas para a identificação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar atuantes em cada dia dos anos - padrão eleitos, uma vez que, são estes

os responsáveis pela estabilidade ou instabilidade atmosférica. Para a análise sinótica, foram utilizadas cartas de pressão ao nível do mar adquiridas no *site* da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, além de imagens do satélite meteorológico GOES, que foram disponibilizadas no *site* do CPTEC/INPE. Todas as cartas e imagens são referentes ao horário 12 GMT (9 horas local).

Em conjunto com as cartas de pressão pode-se também fazer uso de cartas de reanálise que indicam, em detalhes, a direção dos ventos em altitude (850 hPa). As cartas de reanálise são disponibilizadas pelo órgão MeteoPT de Portugal.

3. Síntese dos padrões pluviométricos

A localização e os dados das estações meteorológicas formam um eixo latitudinal de análise (ver Figura 2), assim, identificou-se que as massas de ar e os sistemas que atuam nesta área são: Massa Equatorial Atlântica (MEA), Massa Tropical Atlântica (MTA), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Frente Fria (FF), Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS), Onda de Leste (OL), Linha de Instabilidade (LI) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).

Os padrões sazonais de chuva indicaram que na Zona da Mata do NEB existe uma pré-estação chuvosa, que corresponde aos meses de janeiro a março. Enquanto a estação chuvosa corresponde aos meses de abril a julho. Também foi identificado um período seco, que corresponde aos meses de agosto a dezembro, porém, este ocorre apenas entre Natal e Cruz das Almas. Em Salvador, Canavieiras, Guaratinga e Caravelas não existe um efetivo período seco, pois, apesar da pluviosidade média mensal sofrer certa redução, não é suficiente para se considerar o período como seco.

Cabe ressaltar que em Guaratinga e Caravelas (setor extremo sul), a quadra chuvosa não ocorre entre abril e julho, principalmente devido à ausência da atuação da ZCIT e das OL. Estes sistemas provocam grandes volumes de chuva nestes meses apenas nas estações mais ao norte da região. Assim sendo, em Guaratinga e Caravelas a quadra chuvosa ocorre entre novembro e fevereiro resultando principalmente da atuação dos VCAS e das FF.

Além disso, durante todo o ano, inúmeras FF permanecem estacionárias sobre o litoral da Bahia, favorecendo a pluviosidade constante nos meses que não são da quadra chuvosa. Devido a

estes fatores, em Guaratinga e Caravelas, o período que não é estação chuvosa é considerado pós-quadra chuvosa.

Com respeito ao norte da Zona da Mata, a pluviosidade do quadrimestre chuvoso é bastante elevada, chegando a concentrar pouco mais de 50% da pluviosidade anual.

Diante das características até então descritas a respeito da pluviosidade da região, foi possível estabelecer uma setorização pluviométrica, subdividindo a Zona da Mata do NEB em setor centro-norte, sul e extremo sul (Quadro 1).

Quadro 1: Setorização pluviométrica da Zona da Mata do NEB

SETOR	ESTAÇÕES	CARACTERÍSTICAS
CENTRO-NORTE	Natal/RN João Pessoa/PB Recife/PE Porto de Pedras/AL Maceió/AL Propriá/SE Aracajú/SE	Neste setor, um grande percentual da pluviosidade anual concentra-se no quadrimestre chuvoso. A quadra chuvosa ocorre entre abril e julho e depende principalmente da ZCIT, dos VCAS e das OL. Neste setor ocorre período seco.
SUL	Cruz das Almas/BA Salvador/BA Canavieiras/BA	A quadra chuvosa ocorre entre abril e julho e depende principalmente dos VCAS, das FF e das massas de ar. Neste setor não há período seco, com exceção de Cruz das Almas.
EXTREMO SUL	Guaratinga/BA Caravelas/BA	Diferencia-se do resto da Zona da Mata nordestina e baiana devido a sua quadra chuvosa, que corresponde aos meses de novembro a fevereiro. A quadra chuvosa depende dos VCAS e das FF.

O Quadro 2 mostra os totais pluviométricos dos anos – padrão eleitos e o valor médio das estações em cada setor definido.

Quadro 2: Síntese dos padrões pluviométricos nos setores da Zona da Mata do NEB

SETOR	ESTAÇÕES	PADRÕES DE CHUVA			
		Ano Chuvoso 2000 (mm)	Ano Normal 2002 (mm)	Ano Seco 2016 (mm)	Média 1995 a 2016 (mm)
CENTRO-NORTE	Natal/RN	2166,1	2018,1	1165,4	1708
	João Pessoa/PB	2439,9	2003,1	1569,2	1818,5
	Recife/PE	3359,0	2487,6	1707,6	2189,8
	Porto de Pedras/AL	2439,2	1742,9	1169,4	1609,5
	Maceió/AL	2635,7	2012,3	1361,1	1780,7
	Propriá/SE	1341,1	1005,2	595,4	945,5
	Aracajú/SE	1561,9	1033,5	735,0	1184,9
SUL	Cruz das Almas/BA	1298,3	1171	937,5	1134,8
	Salvador/BA	1908,2	1824,3	1282,8	1859,8
	Canavieiras/BA	1786,3	1710	1744,1	1757
EXTREMO SUL	Guaratinga/BA	1334,6	1394,6	1171,6	1124,8
	Caravelas/BA	1834,9	1371,7	942,4	1392,5

Fonte: INMET (2016). Organização: os autores (2020).

Os padrões de chuva também explicam um importante fato presente no litoral Sergipano. Este litoral apresenta volumes pluviométricos baixos (redução de aproximadamente

600 mm/ano) em relação ao que é registrado nas estações presentes em Maceió (ao norte) e Salvador (ao sul). Este menor índice de pluviosidade foi responsável por prejudicar o progresso da produção canavieira nesta área durante o período colonial (DINIZ *et al.*, 2016).

A análise sinótica demonstrou que tais condições resultam do fato de que Sergipe está no limite da atuação dos sistemas que predominam a norte (ZCIT, OL) e a sul (ZCAS, FF) de sua localização. Os resultados também indicaram que a dinâmica das chuvas na Zona da Mata do NEB é determinada pelo seguinte “ritmo”:

- 1) nos meses de janeiro, fevereiro e março, o VCAS é o principal sistema atuante e responsável por boa parte das chuvas precipitadas neste período. Em segundo lugar estão a ZCIT e a ZCAS, que atuam em setores específicos dentro da Zona da Mata. A ZCIT atuando a norte e a ZCAS a sul (ver Quadros 3, 4 e 5);
- 2) em abril, os VCAS continuam sendo os principais responsáveis pela pluviosidade em toda a região. A ZCIT divide espaço com os VCAS em termos de importância para as chuvas no setor centro-norte, mais especificamente, entre Natal e Maceió. Nos setores sul e extremo sul as FF, quando atuam,

complementam a pluviosidade deste mês. Sergipe se beneficia da atuação destes dois últimos sistemas, quando os sistemas apresentam intensidade suficiente para atingir tal estado;

3) em maio, junho e julho os VCAS deixam de atuar e surgem as OL, que atuam entre Natal e Aracaju, enquanto as FF, que intensificam sua frequência nestes meses, atuam principalmente no litoral baiano. Neste período a MEA e MTA também provocam relativa pluviosidade principalmente em Salvador e Canavieiras. Em agosto, quando intensas, as OL ainda provocam relativa pluviosidade entre Natal a Aracajú, correspondendo a parte do setor centro-norte;

4) a partir de setembro até dezembro a MEA e a MTA tornam-se predominantes em toda a região devido a menor frequência dos sistemas produtores de chuva. Porém, diferente do que ocorre em junho e julho, neste período, estas massas foram as responsáveis pela estabilidade atmosférica, gerando reduzida pluviosidade. Em novembro e dezembro os VCAS voltam a atuar, e, em conjunto com as MEA e MTA mantêm a estabilidade do tempo. Isto ocorre porque neste período, em geral, a porção central dos VCAS passa a localizar-se sobre a área de estudo;

Quadro 3: Síntese dos padrões pluviométricos na pré-estação chuvosa

SETOR	ESTAÇÕES	CHUVA SAZONAL			DRÕES DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS E DAS MASSAS DE AR NA PRÉ- ESTAÇÃO CHUVOSA
		Ano chuvoso 2000 (mm)	Ano normal 2002 (mm)	Ano seco 2016 (mm)	
CENTRO-NORTE	Natal/RN	248,9	680	380,2	<p>VCAS é o principal sistema responsável pela abundância ou ausência das chuvas (possui forte frequência e intensidade).</p> <p>ZCIT possui forte frequência e moderada intensidade e as estações de Natal, João Pessoa e Recife. Atua com elevada frequência e intensidade em Porto de Pedras e São João del-Rei, e, em Propriá e Aracaju possui fraca intensidade e frequência. A ZCIT atua por um número maior de dias apenas no litoral.</p> <p>Em casos excepcionais, a ZCAS pode provocar repercussões em Aracaju e Propriá.</p> <p>MEIA e a MTA são responsáveis pela estabilidade atmosférica. Os VCAS também contribuem com esta, quando dentro destes, atua sobre a área de estudo.</p> <p>MEIA possui forte frequência (Setor de domínio da MEIA) enquanto a MTA é praticamente ausente.</p> <p>CCM e as LI possuem franca frequência, atuando normalmente. A intensidade destes é indefinida.</p>
	João Pessoa/PB	355	563,7	349,8	
	Recife/PE	538,4	840,9	462,7	
	Porto de Pedras/AL	335,1	507,2	529,1	
	Maceió/AL	377	649,9	375	
	Propriá/SE	255	313,2	202,1	
	Aracaju/SE	416,6	278,5	162,5	
SUL	Cruz das Almas/BA	217	413,8	275,1	<p>Neste setor o VCAS também é o principal responsável pela ausência ou presença das chuvas para o período.</p> <p>CAS atua em poucas dias (média de 7 dias), assim como a ZCIT (média de 3 dias). Ambos os sistemas apresentam baixa frequência e fraca intensidade.</p> <p>Este é o setor onde ocorre a transição entre o domínio da MEIA e da MTA. Ambas apresentam moderada frequência. Ocasionalmente apresentam estabilidade neste período.</p> <p>CCM e as LI possuem fraca frequência por atuarem normalmente. A intensidade é indefinida.</p>
	Salvador/BA	306,7	453,9	268,5	
	Canavieiras/BA	429,4	576	425,6	
EXTREMO SUL	Guaratinga/BA Caravelas/BA	Neste setor não existe pré-estação chuvosa			

Fonte: INMET (2016). Organização: os autores (2020).

Quadro 4: Síntese dos padrões pluviométricos na estação chuvosa

SETOR	ESTAÇÕES	CHUVA SAZONAL			PADRÕES DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS E DAS MASSAS DE AR NA ESTAÇÃO CHUVOSA
		Ano Chuvoso 2000 (mm)	Ano Normal 2002 (mm)	Ano Seco 2016 (mm)	
CENTRO-NORTE	Natal/RN	1379,5	875,9	569,2	<ul style="list-style-type: none"> - Em abril os VCAS e a ZCIT são os principais produtores de chuvas, atuam com forte intensidade. - A ZCIT possui forte frequência e intensidade entre Natal e Recife; é moderada em Porto de Pedras e Maceió; e, em Propriá e Aracajú, possui fraca frequência e intensidade. - A OL é o principal responsável pela pluviosidade em maio, junho e julho. Possui forte frequência e intensidade em junho e julho, enquanto em maio, demonstra fraca frequência e forte intensidade. - As OL possuem forte frequência e intensidade entre Natal e Maceió, e moderada frequência, porém, forte intensidade em Propriá e Aracajú. - As FF apresentam moderada frequência e intensidade em Aracajú e Propriá e fraca frequência e intensidade entre Natal e Maceió. Este é o período em que as FF avançam com mais facilidade até este setor. As LI e os CCM atuam com fraca frequência.
	J. Pessoa/PB	1545,2	1196,9	1034,5	
	Recife/PE	1838,7	1310,2	1030,1	
	Porto de Pedras/AL	1185,3	1005,5	552	
	Maceió/AL	1333,4	1012,7	762,8	
	Propriá/SE	711,2	546,1	284,1	
Aracajú/SE	791,5	621,4	432,5		
SUL	Cruz das Almas/BA	626	483,1	383,2	<ul style="list-style-type: none"> - Em abril, os VCAS são os principais produtores de chuvas. Atuam com forte frequência e intensidade. - Em maio, junho e julho, o sistema produtor de chuva que mais atua são as FF, porém, apesar da forte frequência, apresentam moderada intensidade. - Neste setor e período, as massas de ar também colaboram com certa pluviosidade. Possuem forte frequência e fraca intensidade na produção das chuvas. Os CCM e as LI possuem fraca frequência. A intensidade é indefinida.
	Salvador/BA	1125,5	884,9	528,6	
	Canavieiras/BA	756,4	538,6	411,8	
EXTREMO SUL	Guaratinga/BA	682,2	664,6	701,1	<ul style="list-style-type: none"> - Neste setor, o principal produtor de chuvas são os VCAS, atuam com forte frequência e intensidade. -As FF apresentam moderada frequência e forte intensidade em novembro e dezembro, e, fraca frequência e intensidade em janeiro e fevereiro. - A ZCAS apresenta fraca frequência em novembro e fevereiro, em dezembro demonstra forte frequência e em janeiro torna-se moderada sua atuação. Quanto a intensidade, é fraca em todos estes meses. - A MTA atua com forte frequência, enquanto a MEA apresenta fraca frequência. Estas são as responsáveis pela estabilidade atmosférica. Os VCAS também colaboram para a estabilidade. - As LI e os CCM atuam ocasionalmente.
	Caravelas/BA	564,5	570,6	442,2	

Fonte: INMET (2016). Organização: os autores (2020).

Quadro 5: Síntese dos padrões climáticos pós-quadra chuvosa

SETOR	ESTAÇÕES/ PERFIL	CHUVA SAZONAL			PADRÕES DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS E DAS MASSAS DE AR PÓS-QUADRA CHUVOSA
		Ano Chuvoso 2000 (mm)	Ano Normal 2002 (mm)	Ano Seco 2016 (mm)	
CENTRO-NORTE	Natal/RN	537,7	462,2	216	<ul style="list-style-type: none"> - Neste período as massas de ar predominam. Assim, possuem forte frequência entre agosto e outubro, em novembro e dezembro apresentam fraca frequência devido aos VCAS. - As massas e os VCAS provocam estabilidade atmosférica. Este último permanece ausente entre junho e setembro. Volta a atuar em outubro. Em novembro e dezembro possuem forte frequência. - As OL permanecem ativas nos meses de agosto e setembro, principalmente entre Natal e Maceió. Apresentam moderada frequência e intensidade nesses meses. - As FF atuam com fraca frequência e intensidade. - As LI e CCM são ocasionais, possuem fraca frequência e intensidade indefinida, podendo ser fraca, moderada ou forte.
	J. Pessoa/PB	539,7	242,5	184,9	
	Recife/PE	981,9	336,5	214,8	
	Porto de Pedras/AL	918,8	230,2	88,3	
	Maceió/AL	925,3	349,7	223,3	
	Propriá/SE	374,9	145,9	109,2	
	Aracaju/SE	353,8	133,6	140	
SUL	Cruz das Almas/BA	455,3	274,1	279,2	<ul style="list-style-type: none"> - As massas de ar predominam, principalmente entre agosto e outubro. Apresentam forte frequência. São as responsáveis pela estabilidade atmosférica. - Em novembro e dezembro os VCAS dividem espaço com as massas, porém, atuam por mais dias. Possuem forte frequência e provocam estabilidade atmosférica. - As FF apresentam forte frequência, porém, fraca intensidade. - Os CCM e as LI possuem fraca frequência e intensidade indefinida.
	Salvador/BA	476	485,5	485,7	
	Canavieiras/BA	600,5	595,4	906,7	
EXTREMO SUL	Guaratinga/BA	652,4	730	470,5	<ul style="list-style-type: none"> - Neste setor, este período corresponde aos meses entre março e outubro. - Nesses meses, a pluviosidade é pouca nestas estações, e, em geral, não chega a somar volumes pluviométricos acima de 100 mm mensais, isto ocorre devido à atuação de poucos sistemas. - As FF atuam com forte frequência em julho e setembro, enquanto em maio, junho e agosto apresentam moderada frequência. Nos meses de março e abril sua frequência é fraca. - Os VCAS atuam em março e abril com forte frequência e fraca intensidade neste setor. Também atuam em outubro, porém, com fraca frequência e intensidade. - Neste setor a MTA apresenta forte frequência, enquanto a MEA atua com fraca frequência. - Os CCM e as LI possuem fraca frequência e intensidade indefinida.
	Caravelas/BA	1270,4	801,1	500,2	

Fonte: INMET (2016). Organização: os autores (2020).

5) as FF também atuam entre agosto e dezembro, porém, sua atuação limita-se ao litoral baiano, evitando assim, a existência de um período seco neste setor. Em novembro e dezembro, quando estão ativos, os VCAS também provocam relativa pluviosidade nesta área, principalmente no extremo sul, ou seja, em Guaratinga e Caravelas. Isto ocorre porque neste período, em geral, a borda convectiva sul dos VCAS passa a posicionar-se sobre a área de estudo;

6) as ZCAS também provocam pluviosidade no extremo sul da Bahia entre os meses de novembro a fevereiro, enquanto as LI e CCM foram sistemas que não apresentaram período específico de atuação, muito menos uma frequência média. Esses sistemas podem atuar durante todo o ano e em qualquer ponto da Zona da Mata. Quando atuam, provocam elevados volumes de chuva.

Com essa síntese, destaca-se que as OL foi o sistema que mais contribuiu para a gênese das chuvas em grande parte das estações, gerando totais pluviométricos anuais superiores aos 1000 mm (entre as estações de Natal a Porto de Pedras) durante o ano - padrão chuvoso de 2000.

4. Considerações finais

A aplicação da técnica da análise rítmica mostrou-se fundamental para a melhor compreensão dos padrões pluviométricos na Zona da Mata do NEB. Sua aplicação tornou possível:

- 1) realizar a setorização da região com base na pluviosidade e nos sistemas responsáveis por sua gênese;
- 2) identificar a frequência e setor onde cada sistema atua;
- 3) evidenciar o potencial pluviométrico das OL;
- 4) identificar os sistemas responsáveis pela ausência ou abundância de chuva em cada período sazonal (pré-estação chuvosa, quadra chuvosa e pós-quadra chuvosa);
- 5) identificar os motivos pelos quais a quadra chuvosa no extremo sul da Zona da Mata ocorre em meses diferentes do resto dos setores da região;
- 6) identificar um provável motivo pelo qual o litoral sergipano apresenta volumes pluviométricos baixos em relação ao que é registrado nas estações presentes em Maceió e Salvador;
- 7) permitiu a melhor descrição da atuação das FF, bem como a setorização da atuação da MEA e da MTA, além de outros aspectos da climatologia regional e local.

Por fim, os resultados obtidos poderão dar maior suporte ao ensino de climatologia da região e ao desenvolvimento de futuras pesquisas. Nesse sentido, a materialização deste trabalho torna-se uma contribuição aos estudos do ritmo climático e dos sistemas atmosféricos atuantes na singular região da Zona da Mata do NEB. Sabe-se que muito ainda se precisa investigar sobre a realidade climática desta porção do Nordeste, por isto, o emprego da técnica da análise rítmica poderá ser uma ferramenta de análise geográfica útil para o entendimento mais vertical dos tipos de tempo e dos padrões climáticos da região.

Referências

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste**, Contribuições ao Estudo da Questão Agrária no Nordeste. 5ª ed. São Paulo - SP: Editora Atlas S.A, 1986. p. 239.

ANDRIGHETTI, Y. **Nordeste**: mito e realidade. São Paulo -SP: Editora Moderna, 1998. p. 176.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases Conceituais em Climatologia Geográfica. **Revista Mercator**. Ceará. ano 8, n.16, p. 255 - 260, 2009.

DINIZ, M. T. M. *et al.* Climatologia do Litoral do Nordeste Brasileiro. *In*: _____. **Geografia costeira do Nordeste: Bases naturais e tipos de uso**. 1ª ed. Fortaleza - CE: Editora CRV, 2016, Cap.1, p. 13 – 35.

FREYRE, G. **Nordeste**: Aspectos da Influência da Cana sobre a Vida e a Paisagem do Nordeste do Brasil. 7ª ed. São Paulo: Global Editora, 2004. p. 255.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Convencionais**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>. Acesso em: 09 jan. 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Densidade Demográfica (2010)**. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/demografia.html>. Acesso em: 22 set. 2017.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, n.1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971. 21 p.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. **Hidrology papers**, n. 12, Colorado State University, Boulder-Co, 1966. 60 p.

RITMO CLIMÁTICO E AS CHUVAS NO AGRESTE DA BORBOREMA, NORDESTE DO BRASIL

*Gabriel de Paiva Cavalcante
Daisy Beserra Lucena*

1. O Agreste

A região Nordeste, assim como ocorre em outras regiões geográficas, proporciona dificuldades para a construção de uma delimitação regional. Segundo Andrade (1986), a concepção histórica da região se apresenta ora como áreas das secas, que faz convergir atenções e verbas governamentais para a região nos momentos de crise, ora como área dos grandes latifúndios canavieiros, que enriquecem poucos em detrimento da maioria da população.

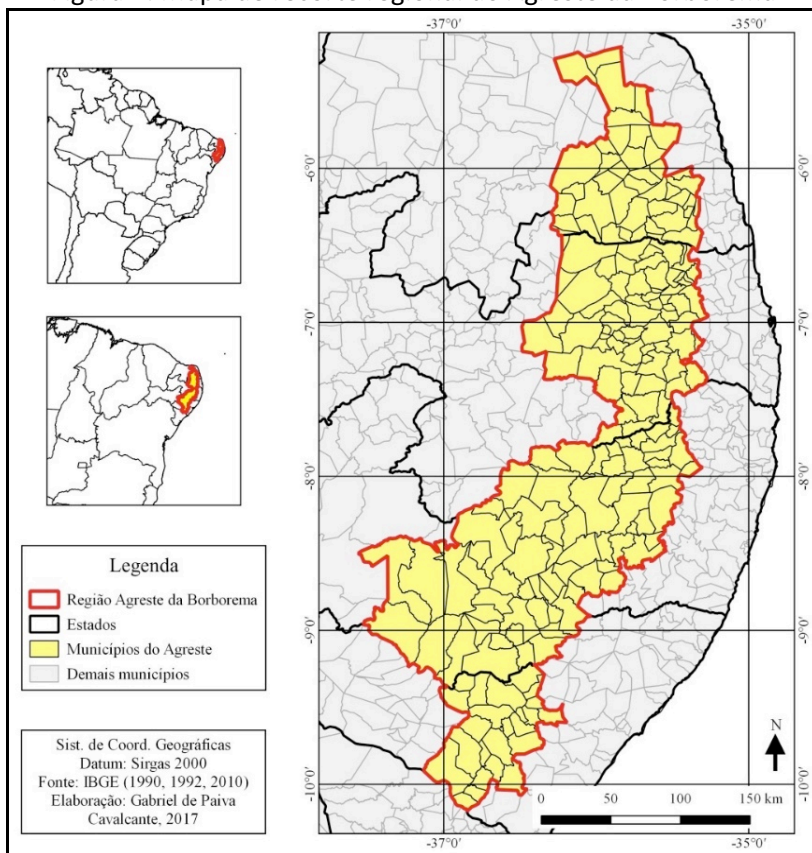
O Nordeste trata-se, portanto, de um espaço com duas realidades regionais principais que se apresentam vinculadas às características naturais, sobretudo climáticas, marcadas pela grande variabilidade entre períodos chuvosos e secos.

O Agreste (Figura 1) é considerado como uma “miniatura” do Nordeste brasileiro pela sua diversidade paisagística percebida em curtas distâncias. É formado por uma estreita faixa de transição natural que se localiza entre a Zona da Mata e o Sertão e engloba, de forma latitudinal, os estados de Rio Grande do Norte a Bahia (ANDRADE, 1986). O maior domínio morfoestrutural do Agreste é o Planalto da Borborema, que ocorre entre os estados do Rio Grande do Norte e Alagoas e, em sua faixa exposta aos ventos oceânicos, recebe chuvas orográficas – barlavento –, já nas áreas a oeste, apresenta características naturais mais secas – sotavento. Além de sua posição morfológica, a altitude do Planalto da Borborema também interfere nas características climáticas da região, que condicionam a existência dos brejos, principalmente nos estados da Paraíba e Pernambuco (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971; TABARELLI; SANTOS, 2004).

Por se tratar de uma região de transição, o Agreste apresenta grande diversidade de tipos climáticos. Tal variedade é reconhecida por Andrade (1986, p. 31), ao ressaltar que o Agreste “é bem característico em seus aspectos, mas em outras ocasiões pode ser confundido com a Mata em seus trechos

mais úmidos e com o Sertão nos mais secos”. Além disso, o autor destaca os brejos, sobretudo no que diz respeito às temperaturas, e a caatinga mais densa do que no Sertão, nas áreas à sotavento da Borborema.

Figura 1: Mapa de recorte regional do Agreste da Borborema



Fonte: Cavalcante (2019).

As variadas paisagens que ocorrem no Agreste, marcadas, sobretudo, pelo aspecto climático, precisam ser melhor compreendidas. Para isso, é necessário considerar aspectos da dinâmica das massas de ar e dos sistemas atmosféricos, a influência do relevo e os processos ocorridos na interação entre o clima e o espaço geográfico.

Diante do exposto, este capítulo tem como finalidade apresentar uma proposta de setorização climática para a região do Agreste da Borborema sob a perspectiva da análise rítmica em climatologia proposta por Monteiro (1964, 1971).

2. Síntese da variação pluviométrica

Para a análise da variação das chuvas na região utilizaram-se de dados mensais e horários fornecidos pelas estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP do INMET, disponíveis gratuitamente no *site* do referido órgão, bem como, dos órgãos estaduais, com séries diárias de precipitação em postos

pluviométricos. Todos os dados obtidos foram para o período de 2005 a 2017 (13 anos).

No estudo com análise do ritmo dos atributos climáticos, é preciso a identificação de anos-padrão, que pode ser realizada aplicando a Técnica dos Quantis, classificando a pluviosidade anual e da quadra chuvosa (sequência dos quatro meses que apresentam os maiores valores médios de pluviosidade em cada estação) em períodos Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (C) e Muito Chuvoso (MC).

Após a identificação dos anos-padrão, ocorreu a etapa de compreensão do ritmo dos padrões pluviométricos da região. Nessa etapa, utilizaram-se também às imagens de satélite meteorológico disponíveis no *site* do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – INPE/CPTEC como subsídio para a identificação dos sistemas produtores de chuva na região.

O Quadro 1 mostra a síntese da precipitação anual e do período chuvoso na região, percebe-se que o ano 2011 (que registrou ocorrência de La Niña Forte) apresentou a maior quantidade de estações na categoria MC: seis das sete estações (85,7% do total).

Por outro lado, na categoria MS, destaca-se o ano 2012, com seis das sete estações enquadradas nesta categoria (exceto a estação de Campina Grande/PB, que se enquadrou na categoria de ano Seco). Nota-se uma mudança abrupta na característica dos dados apresentados entre 2011 e 2012: o ano 2011 apresentou predomínio de estações com registros de chuva com elevação de 25% à média histórica; já o ano 2012 registrou o mesmo número de estações com redução de chuvas abaixo de 25% em comparação à média histórica. Tal fato pode estar ligado à Temperatura da Superfície do Mar – TSM do Atlântico abaixo do normal, podendo provocar mudanças significativas nos padrões de circulação atmosférica, sobretudo da Massa Equatorial Atlântica.

Na categoria Normal, os anos com maiores registros de estações são 2006, ano de La Niña Leve com transição para El Niño Moderado (6 registros de estações, exceto Areia/PB, que se enquadrou na categoria Seco), e 2013, ano de GRADM positivo (5 registros de estações, exceto Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL, ambas as estações na categoria Seco).

Na análise da síntese da variação pluviométrica do quadrimestre chuvoso das estações, o ano 2011 registrou o maior quantitativo na categoria MC (quatro estações, no total de 57,1%),

seguido dos anos 2005, 2009 e 2017, cada um com três estações na categoria MC e de 2008, com uma estação (Santa Cruz/RN).

Quadro 1 - Síntese da variação anual e do quadrimestre chuvoso da pluviosidade registrada por estação climática do INMET no Agreste da Borborema.

CONDIÇÃO DOS OCEANOS														
	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	
El Niño	L		M		F		F				L	F		
La Niña		L		F	L			M						
GRADIM	+			-	-	-	+	+	+	-	-	-		
	L= Leve; M= Moderado; F= Forte													
	GRADIM positivo: +						GRADIM negativo: -							
SÍNTESE DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ANUAL REGISTRADA POR POSTOS E ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NO AGRESTE DA BORBOREMA (2005-2017)														
POSTO/ESTAÇÃO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	MÉDIA
SANTA CRUZ														478,3
AREIA														1206,6
CAMPINA GRANDE														786,5
SURUBIM														559,7
CARUARU														576,1
GARANHUNS														888,9
PALMEIRA DOS ÍNDIOS														918,4
SÍNTESE DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO QUADRIMESTRE CHUVOSO NO AGRESTE DA BORBOREMA (2005-2017)														
POSTO/ESTAÇÃO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	MÉDIA
SANTA CRUZ														293,7
AREIA														753,9
CAMPINA GRANDE														471,7
SURUBIM														332,9
CARUARU														337,0
GARANHUNS														528,7
PALMEIRA DOS ÍNDIOS														590,0

Fontes: INMET (2017). Elaboração: Gabriel de Paiva Cavalcante

Na categoria MS, destacam-se os anos 2012 e 2016, com cinco estações cada (Santa Cruz/RN, Surubim/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL tiveram os dois registros da categoria MC nesses anos). Houve duas estações nesta categoria no ano 2014, e uma estação nos anos 2007 e 2010.

A distribuição nos quadrimestres chuvosos das categorias MC e MS entre as estações revela que entre os anos 2005 e 2011 há 11 ocorrências de estações na categoria MC (75,6% das ocorrências), e duas ocorrências de estações na categoria MS. Já no período entre os anos 2012 e 2017, foram observadas três ocorrências de estações na categoria MC e 12 ocorrências de estações na categoria MS (85,7% das ocorrências). Desta forma, embora os percentuais sejam menos expressivos se comparados à síntese anual, os números ainda revelam que o primeiro período (2005-2011) é expressivamente mais chuvoso do que o segundo período (2012-2017).

De acordo com as características pluviométricas apresentadas pelas estações observadas na pesquisa, foram eleitos os seguintes anos-padrão: 2012 (ano-padrão Muito

Seco); 2013 (ano-padrão Normal); e 2011 (ano-padrão Muito Chuvoso).

3. Participação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar nos anos -padrão eleitos

O Quadro 2 apresenta a quantidade total e a média geral de dias de atuação para cada sistema atmosférico para as estações durante os anos-padrão eleitos.

Verifica-se a predominância da Massa Equatorial Atlântica, com atuação durante mais de 300 dias em todas as estações, com variação de 306 dias (ano-padrão Muito Chuvoso - 2011 na estação de Areia/PB) a 352 dias (ano-padrão Muito Chuvoso – 2011 na estação de Palmeira dos Índios/AL).

A atuação massa de ar ocorre com mais frequência nas estações da porção sul do Agreste da Borborema durante os três anos-padrão. Já a Zona de Convergência Intertropical ocorre com mais frequência nas estações localizadas ao norte da região Agreste da Borborema devido a proximidade dessas estações à região de gênese do referido sistema atmosférico. A estação de Santa Cruz/RN apresenta a maior frequência anual (25,3 dias), já em Palmeira dos Índios/AL, a frequência é de 4 dias.

Quadro 2: Total de dias de atuação de cada sistema atmosférico na região Agreste da Borborema

Sistema	Santa Cruz				Areia			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	312	319	328	319,7	306	324	336	322,0
VCAN	5	3	7	5,0	5	4	7	5,3
ZCIT	31	20	25	25,3	27	16	17	20,0
OL	14	18	6	12,7	23	16	6	15,0
RFF	0	3	0	1,0	1	3	0	1,3
LI	3	2	0	1,7	3	2	0	1,7
Sistema	Campina Grande				Surubim			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	307	330	337	324,7	322	335	347	334,7
VCAN	5	4	7	5,3	5	4	6	5,0
ZCIT	27	14	17	19,3	17	8	11	12,0
OL	22	12	5	13,0	17	13	2	10,7
RFF	1	3	0	1,3	1	3	0	1,3
LI	3	2	0	1,7	3	2	0	1,7
Sistema	Caruaru				Garanhuns			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	341	337	349	342,3	345	336	349	343,3
VCAN	5	5	6	5,3	5	6	6	5,7
ZCIT	13	6	10	9,7	7	5	10	7,3
OL	4	11	1	5,3	5	10	1	5,3
RFF	0	4	0	1,3	1	6	0	2,3
LI	2	2	0	1,3	2	2	0	1,3
Sistema	Palmeira dos Índios				Média			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	352	337	348	345,7	326,4	331,1	342,0	333,2
VCAN	5	7	7	6,3	5,0	4,7	6,6	5,4
ZCIT	2	3	7	4,0	17,7	10,3	13,9	14,0
OL	2	7	0	3,0	12,4	12,4	3,0	9,3
RFF	3	9	4	5,3	1,0	4,4	0,6	2,0
LI	1	2	0	1,0	2,4	2,0	0,0	1,5

Fonte: Cavalcante (2019).

Assim como a ZCIT, as Ondas de Leste apresentam maior frequência nas estações do norte da região. A média de registros foi a mesma durante os anos-padrão Muito Chuvoso (2011) e Normal (2013): 12,4 dias. Por outro lado, a média de ocorrências durante o ano-padrão Muito Seco (2012) foi de apenas 3 dias. Esta redução brusca da atuação das OLs na região foi determinante para a classificação do ano de 2012 como Muito Seco;

As Repercussões de Frentes Frias ocorreram com maior frequência nas estações localizadas no setor sul da região, com destaque para a estação de Palmeira dos Índios/AL (média de 5,3 dias por ano);

Por fim, Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis e as Linhas de Instabilidades não apresentaram variações espaço-temporais significantes na região.

4. Os setores climáticos do Agreste da Borborema

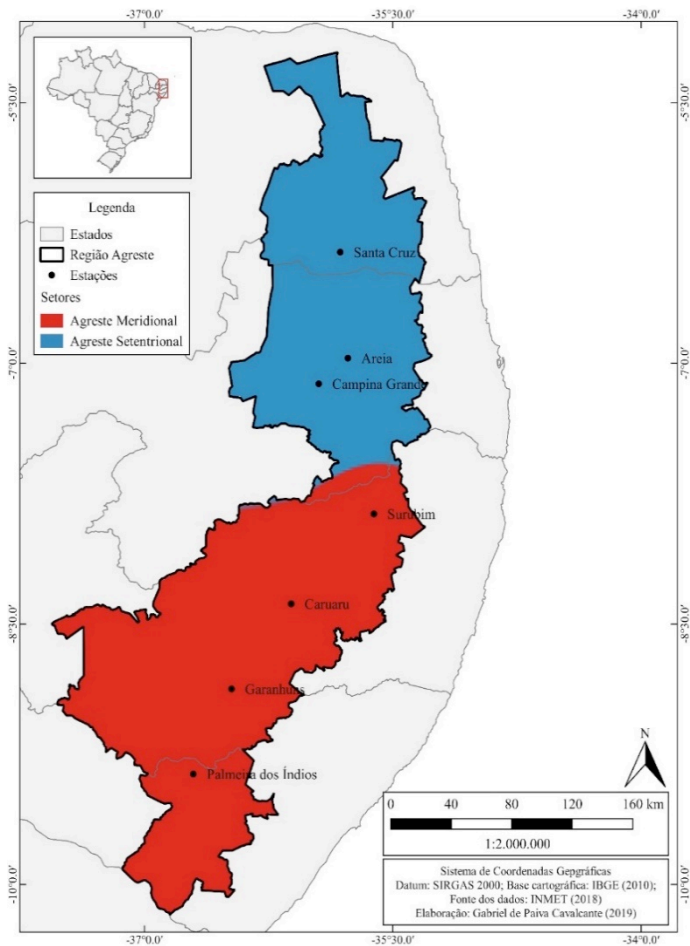
Após descrição e análise das características sobre das chuvas na região Agreste da Borborema durante os anos-padrão, bem como, da participação dos sistemas atmosféricos e das massas de ar nas características dos tipos de tempo,

torna-se possível a setorização da região com base em aspectos que concernem à climatologia regional. Desta forma, apresenta-se, na Figura 2, um mapa que divide a região em dois setores, a saber: Agreste Setentrional e Agreste Meridional.

A construção desta setorização ocorreu baseada, também, na obra de Melo (1962), na qual o autor também divide a região em Agreste Setentrional, que compreende a faixa entre os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, e Agreste Meridional, que é correspondente às porções de Pernambuco e Alagoas.

O setor do Agreste Setentrional engloba as estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB e Campina Grande/PB. Trata-se da região na qual atuam com mais frequência e intensidade os sistemas atmosféricos que mais produzem chuvas na região: a Zona de Convergência Intertropical e as Ondas de Leste. Por se localizar mais ao norte, é na estação de Santa Cruz/RN que a ZCIT atua com maior frequência; já nas estações paraibanas de Areia e Campina Grande, a ZCIT também mostra participação relevante, porém são as Ondas de Leste que mais atuam.

Figura 2: Setores climáticos da região Agreste da Borborema



Fonte: Cavalcante (2019).

Já o setor do Agreste Meridional é composto pelas estações pernambucanas de Surubim, Caruaru e Garanhuns,

além da estação de Palmeira dos Índios/AL. São, portanto, quatro estações (uma a mais do que o setor Setentrional). Para este setor, destaca-se a atuação mais persistente da Massa Equatorial Atlântica, além de maiores registros de sistemas atmosféricos como as Repercussões de Frentes Frias. O Quadro 3 mostra a média das ocorrências anuais de cada sistema atmosférico e massa de ar atuantes nas estações de cada setor da região durante os três anos-padrão.

Quadro 3: Média de dias de atuação dos sistemas atmosféricos nos setores do Agreste Setentrional e do Agreste Meridional

Sistema	Agreste Setentrional				Agreste Meridional			
	2011	2013	2012	Média	2011	2013	2012	Média
MEA	308,3	324,3	333,7	322,1	340,0	336,3	348,3	341,5
VCAN	5,0	3,7	7,0	5,2	5,0	5,5	6,3	5,6
ZCIT	28,3	16,7	19,7	21,6	9,8	5,5	9,5	8,3
OL	19,7	15,3	5,7	13,6	7,0	10,3	1,0	6,1
RFF	0,7	3,0	0,0	1,2	1,3	5,5	1,0	2,6
LI	3,0	2,0	0,0	1,7	2,0	2,0	0,0	1,3

Fonte: Cavalcante (2019).

Dentre os sistemas atmosféricos e massas de ar identificados, três deles apresentaram divergências na

intensidade de atuação entre os setores da região: a atuação da Massa Equatorial Atlântica durante períodos maiores nas estações que pertencem ao setor do Agreste Meridional; a predominância da Zona de Convergência Intertropical no setor setentrional; a atuação mais consistente das Ondas de Leste no Brejo Paraibano devido a condensação do ar úmido nas regiões serranas.

5. Considerações finais

Considerando os aspectos naturais e geohistóricos da região do Agreste, este trabalho foi fundamentado na perspectiva teórico-metodológica do Ritmo Climático proposto pelo eminente geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Assim, sob a perspectiva da análise geográfica dos padrões pluviométricos, a região do Agreste da Borborema foi classificada em: setor do Agreste Setentrional, que engloba as estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB e Campina Grande/PB, marcado pela produção de chuvas por meio das Ondas de Leste e da Zona de Convergência Intertropical; e setor do Agreste Meridional, composto pelas estações de Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL. Este setor

do Agreste tem como principal característica climática a predominância na atuação da Massa Equatorial Atlântica, com ocorrências menos significativas das Ondas de Leste e das Repercussões de Frentes Frias, esta última que atua de forma mais incisiva na estação alagoana de Palmeira dos Índios.

Verificou-se, portanto, que a dinâmica climática do Agreste da Borborema ocorre de maneira diversificada, notadamente influenciada pelos fatores do relevo e da capacidade de avanço dos sistemas atmosféricos e das massas de ar para o interior do continente, principalmente no que diz respeito às ocorrências nas quais tais sistemas passam pela barreira orográfica do Planalto da Borborema e atingem, também, as regiões de sotavento.

Por fim, espera-se que a questão técnica-operacional utilizada nesta pesquisa seja aprimorada, com a utilização de outros recursos tecnológicos, em especial, com modelagem/simulação climática, já que existe uma limitação considerável no que diz respeito a disponibilidade/oferta de variáveis e de séries meteorológicas na região. A modelagem climática pode proporcionar uma contribuição vultosa à análise rítmica em climatologia, e, por consequência, na melhor

compreensão dos diferentes tipos de tempo que ocorrem em regiões de características tão mistas e interconectadas como a região do Agreste da Borborema no Nordeste brasileiro.

Referências

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste**: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1986. 336 p.

BDMEP/INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/ Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmepht>
<tp://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 06 jun. 2017.

CAVALCANTE, G. P. **As chuvas na região Agreste da Borborema, Nordeste do Brasil**: proposta de setorização climática sob o enfoque da análise rítmica. 2019. 166 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais – DSA**. Disponível em:

<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic?i=br>.
Acesso em: 16 abr. 2019.

MELO, M. L. Bases Geográficas dos problemas do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XXIV, n. 4, p. 503-542, 1962.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação a classificação climática. **Revista Geográfica**, v.33, n.61, p.59-69, jul./dez, 1964.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

TABARELLI, M; SANTOS, A. M. M. Uma Breve Descrição Sobre a História Natural dos Brejos Nordestinos, p. 17-24. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (orgs.) **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 324p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. Recife: Conselho do Desenvolvimento de Pernambuco, 1971, 442p.

PARTICIPAÇÃO DA ZCIT NO ESTADO DO CEARÁ: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE “ANOS-PADRÃO”

Lucas Pereira Soares

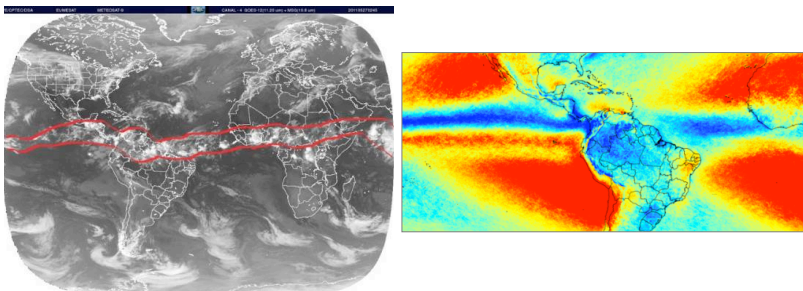
1. A Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Figura 1) é uma banda de nuvens que se forma devido a "pseudotensão do vento", um fenômeno caracterizado pela confluência dos ventos alísios de nordeste e dos ventos alísios de sudeste, havendo formação de cumulonimbus, responsáveis por eventos pluviométricos intensos no Nordeste do Brasil (XAVIER, 2001).

O sistema segue o equador térmico, região cujas temperaturas médias são as mais elevadas do globo, esse deslocamento do sistema atmosférico acontece de maneira sazonal, para regiões com maior aquecimento das Temperaturas de Superfície do Mar (TSM) (XAVIER, 2001).

É o principal sistema atmosférico responsável pela precipitação no Estado do Ceará, daí o interesse em apontar a posição de tal zona em uma análise genética, com vistas a demarcar o raio de influência de tal sistema, e sua relação com a classificação de tipologias secas ou chuvosas. Muitos são os trabalhos que buscam apontar tal posicionamento da ZCIT, destacando-se Uvo (1989) e Xavier (2001).

Figura 1: A esquerda, mosaico GOES+Meteosat de 27.05.2011; A direita, imagem do projeto TRMM, indicando em azul áreas com maior precipitação, e em vermelho áreas mais secas



Fonte: CPTEC/INPE (2011); Projeto TRMM (2013).

Uvo (1989), estudou a intensidade da ZCIT no oceano Atlântico, traçando uma relação com o período chuvoso na região semiárida nordestina, pois para o autor, a posição do sistema influi no papel positivo das chuvas para a região:

[...] a ZCIT inicia sua migração para o norte em fins de fevereiro ou início de março, as chuvas serão em geral, deficientes. Por outro lado, quando a ZCIT somente inicia sua migração para o norte em fins de abril ou início de maio, as chuvas serão, provavelmente, abundantes (UVO, 1989, p. 27).

Em Xavier (2001), tem-se a relação entre a posição da ZCIT e os tipos de classes pluviométricas, pois para a autora, os anos muito chuvosos são caracterizados por uma maior permanência da ZCIT mais ao sul da linha do Equador.

2. O deslocamento da ZCIT e sua relação com as TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico

Conforme afirma Andreoli e Kayano (2007, p. 64), “Walker (1928) foi o primeiro a documentar uma notável coincidência do aquecimento anômalo das águas superficiais no Pacífico equatorial e as secas no Nordeste do Brasil”, sendo este fenômeno, posteriormente chamado de El Niño.

O oceano Atlântico também tem sua importância para a configuração dos tipos de tempo da região, com destaque para

as anomalias de TSM - ATSMs no Atlântico Tropical (ANDREOLI; KAYANO, 2007), conhecido também como efeito Dipolo do Atlântico ou Gradiente Meridional da Temperatura da Superfície do Mar (GRADM) (LUCENA; SERVAIN; GOMES FILHO, 2010).

Andreoli e Kayano (2007), ao comparar a influência destes efeitos provenientes da bacia leste do Pacífico e da porção tropical do Atlântico informam que:

[...] as ocorrências simultâneas de El Niño e secas no NEB restringem-se a determinados eventos, a precipitação nessa região tem sido, por outro lado, fortemente relacionada às anomalias de TSM (ATSMs) no AT. (ANDREOLI; KAYANO 2007, p. 64)

Essa concepção em torno do GRADM, conforme informado, influencia diretamente na precipitação sob a área em estudo, pois interfere na posição e intensidade da ZCIT (ANDREOLI; KAYANO, 2007).

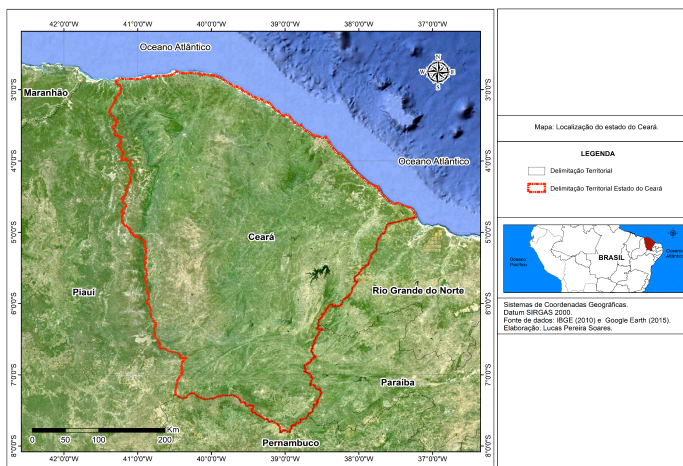
Neste caso, destaca-se Lucena, Servain e Gomes Filho (2010), pois no estudo desenvolvido pelos autores, a região onde localiza-se o Estado do Ceará “[...] aparentemente é mais

sensível ao GRADM, ou seja, tende a produzir uma resposta mais coerente, que aos eventos sobre o Pacífico (El Niño ou La Niña)” (LUCENA; SERVAIN; GOMES FILHO, 2010, p. 192).

3. Estado do Ceará: breve descrição geográfica

O Estado do Ceará encontra-se nas baixas latitudes equatoriais, entre 02° e 08° Sul, na região Nordeste do Brasil, divisa com os Estados do Piauí, a leste, Pernambuco, no sul, Paraíba e Rio Grande do Norte, a oeste, sendo banhado pelo oceano Atlântico em toda sua extensão a norte (Figura 2).

Figura 2: Localização do Estado do Ceará



Fonte: Soares (2015).

A região é caracterizada pela predominância do clima semiárido, com 93% do território submetido à influência desta tipologia. Concentra baixos níveis pluviométricos, com 75% do território inserido na isoieta inferior a 800 mm anuais, apresenta altas temperaturas, variando entre 22° e 27°C (ZANELLA, 2007; IPECE, 2011).

Os rios são intermitentes, solos rasos, em sua maioria, e vegetação arbustiva caducifólia, em todos os casos, condicionados pela temperatura, a precipitação e o relevo cristalino bastante erodido. As precipitações são mais intensas durante os meses de fevereiro a maio, entre o verão e o outono, porém são comuns episódios de secas que se estendem durante um ou mais anos (LIMA; MORAIS; SOUZA, 2000).

Conforme Zanella (2007), no litoral e nas regiões mais elevadas Estado, as chuvas são mais abundantes, mantendo-se, entre 1000-1350 mm/ano no litoral, e com quantidades superiores a 1700 mm/ano nas regiões mais elevadas. No sertão esses valores diminuem praticamente a metade, com as precipitações oscilando entre 850 e 550 mm.

Assim, destaca-se principalmente o relevo e a disposição latitudinal, notadamente no que se refere a maritimidade, como condicionantes ao clima.

4. Os fundamentos metodológicos

A pesquisa tem como fundamento metodológico os princípios adotados por Monteiro (1973), aplicados por Soares (2015) para o Estado do Ceará, e tendo como base: a eleição de anos-padrão, a análise rítmica, e a interpretação da dinâmica climática, por meio de técnicas de espacialização dos agentes e elementos meteorológicos.

Os anos-padrão foram eleitos conforme Soares (2015), a partir do método de Tavares (1976), levando em conta a escala temporal 1991-2010. Conforme o autor, 2005 é caracterizado como ano seco, 2004 como ano habitual, e 2009 como aquele de padrão chuvoso.

A análise rítmica, desenvolvida em Soares (2015) e adaptada a este trabalho, foi utilizada apenas para entender o emaranhado oriundo da dinâmica dos agentes da circulação

regional, com vistas a identificar a participação da ZCIT no período estudado.

A dinâmica da ZCIT foi considerada, apenas, a partir dos anos-padrão seco e chuvoso, na intenção de analisar as incursões do sistema sob condições extremas, seja para os desvios negativos ou positivos de precipitação, durante os meses de quadra chuvosa do Ceará, entre fevereiro e maio.

Os mapas de nebulosidade foram produzidos a partir da fusão de imagens dos satélites da geração GOES, pela técnica de estatística celular (*cell statistics*), cujo procedimento é apresentado por Soares (2015), sendo também explicado os procedimentos para a elaboração dos mapas de precipitação para o Estado do Ceará.

5. Os avanços da ZCIT nos anos de 2005 e 2009

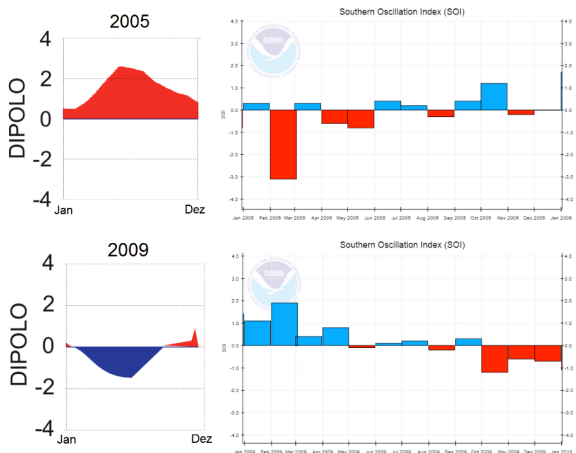
Para os anos de 2005 (Seco) e 2009 (Chuvoso) a dinâmica dos oceanos, conforme observado na Figura 3, influenciou diretamente nos avanços da ZCIT para o Ceará.

No ano-padrão seco de 2005, predominou no Atlântico o efeito de Dipolo Positivo, e para o Pacífico o efeito El Niño, ambos desfavoráveis a precipitação no Ceará.

As TSM do oceano Atlântico mantiveram-se mais aquecidas na bacia do Atlântico Tropical norte, impedindo atuação da ZCIT para regiões mais ao sul da linha do Equador. Por sua vez, no Pacífico, o efeito do El Niño, concentrou-se principalmente na primeira metade do ano, com destaque aos meses de fevereiro, abril e maio, e desta forma influenciando negativamente o padrão das chuvas.

Já no ano-padrão chuvoso de 2009, há uma mudança de comportamento dos oceanos quando comparado a 2005, alterando completamente a dinâmica da ZCIT, por exemplo.

Figura 3: Índice Dipolo a esquerda, representativo das condições de TSM do Atlântico para 2005 e 2009. Em vermelho Dipolo Positivo, em azul Dipolo Negativo; Índice SOI a direita, representativo das condições de TSM do Pacífico para 2005 e 2009. Em vermelho El Niño, em azul La Niña



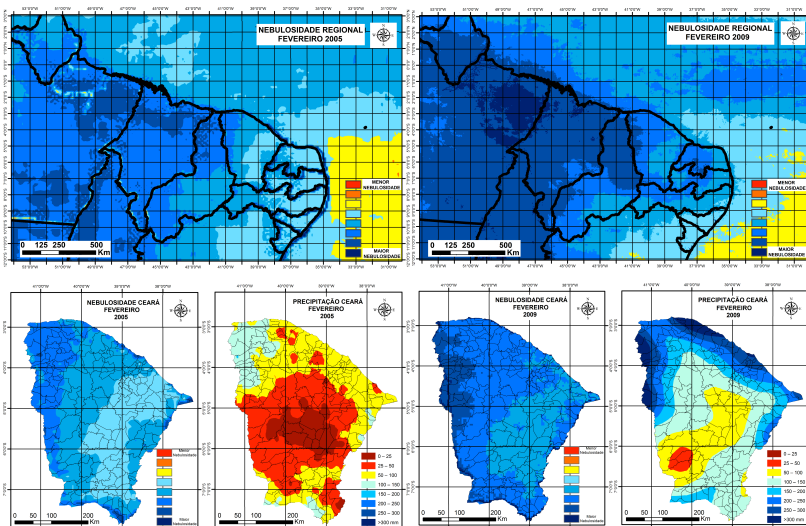
Fonte: FUNCEME (2010); adaptado de FUNCEME (2014); NCDC (2015).

No oceano Atlântico o dipolo é classificado como negativo, assim favorável as precipitações, pois tem-se o deslocamento da ZCIT para posições mais meridionais, visto que as TSM se mantêm quentes na bacia do Atlântico Tropical sul. Já no Pacífico destaca-se o fenômeno La Niña, com forte predominância durante os meses da quadra chuvosa (de fevereiro a maio) do Estado do Ceará, assim com tendência a ser um ano chuvoso.

Como observado, a mudança de padrão dos oceanos, influencia diretamente na precipitação, que está também totalmente associada a nebulosidade para a região estudada.

A partir da Figura 4, tem-se os meses de fevereiro, início da quadra chuvosa, para 2005 e 2009, com a nebulosidade da ZCIT localizada na mesma posição geográfica, seja para o ano seco, ou no chuvoso, porém com intensidades diferentes, com 2009 se sobressaindo a 2005.

Figura 4: Nebulosidade e precipitação em fevereiro, 2005 e 2009



Fonte: Adaptado de Soares (2015).

Pela a análise rítmica desenvolvida para fevereiro, em 2005 há maior participação dos VCAN, que adentram principalmente pela porção oeste do Estado, daí a maior nebulosidade nessa região, tanto em 2005, como 2009.

Os VCAN atuam como sistemas oportunistas, dado por uma menor atuação da ZCIT, como em fevereiro de 2005. São responsáveis por uma maior precipitação em sua região de gênese no Estado, notadamente a porção oeste, como observado na Figura 4, quando tanto em 2005, como em 2009, a precipitação no setor noroeste do Ceará é maior.

Estes sistemas ciclônicos participam dos tipos de tempo em todo o verão, porém cada vez mais enfraquecidos, pois sua maior intensidade acontece em janeiro.

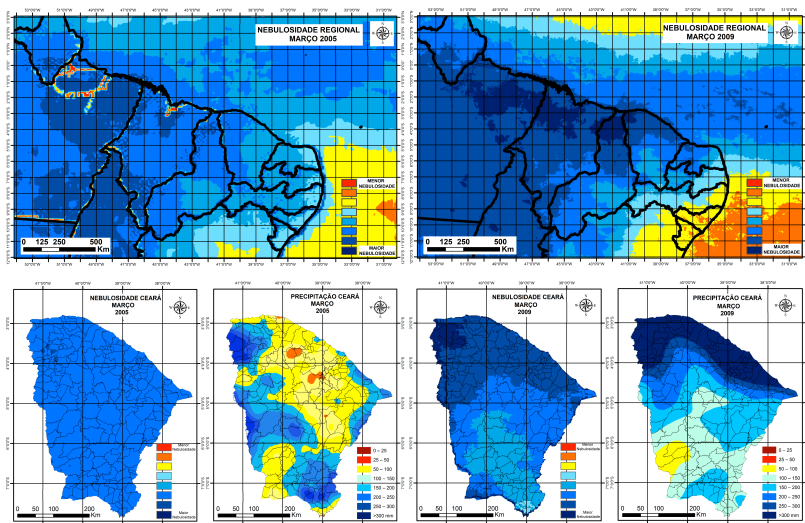
Os vórtices não aportam umidade suficiente para todo o Ceará, quando comparado aquilo que possa ser entregue pela ZCIT, um sistema que, em condições oceânicas favoráveis, tende a ser mais vigoroso.

Assim, estas condições favoráveis, observadas em 2009, levam a uma maior precipitação, proveniente de uma participação constante da ZCIT nos tipos de tempo, que sob nebulosidade mais intensa, que aquela evidenciada em 2005, agiu principalmente na porção norte cearense, abarcando toda a zona litorânea, porta de entrada a ZCIT para a região, como observado na Figura 4.

Adentrando aos próximos meses, em março de 2009 já se tem o incontestável avanço da ZCIT. Em sua total plenitude, a banda de nuvens carregada de umidade, se descarrega sob os limites do Estado, evidenciando um avanço da precipitação conforme a nebulosidade originada pela “pseudotensão do vento” avança ao sul (Figura 5).

Contudo, para março de 2005, a ZCIT não se apresenta bem configurada à região. Sua nebulosidade confunde-se com a dos VCAN, dado novamente pelo oportunismo deste, visto a não participação de forma intensa da banda de nuvens intertropical sob o Ceará.

Figura 5: Nebulosidade e precipitação em março, 2005 e 2009

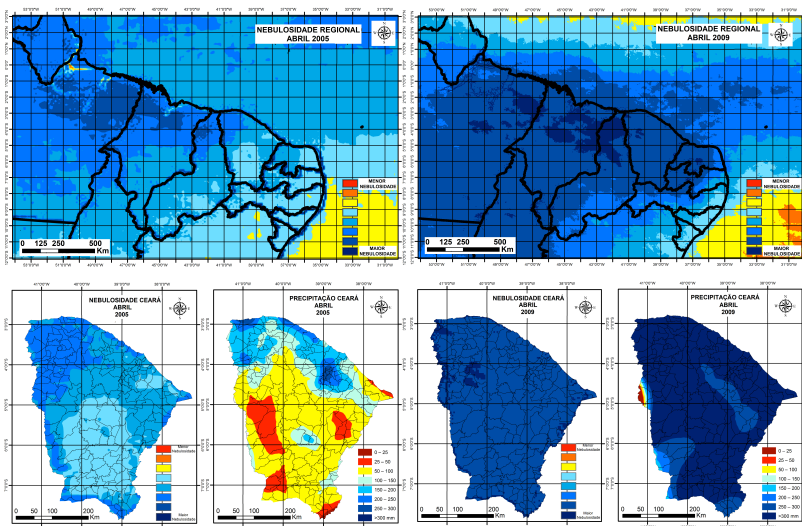


Fonte: Adaptado de Soares (2015).

Já em abril, nota-se que para 2005 há um ramo com menor nebulosidade, sob o território cearense, a ZCIT é mais característica até 5° sul, aproximadamente. Parte da região central do Estado até o extremo norte, apresenta chuvas

irregulares e espaçadas, originadas pela participação da borda do sistema para o Ceará (Figura 6).

Figura 6: Nebulosidade e precipitação em abril, 2005 e 2009



Fonte: Adaptado de Soares (2015).

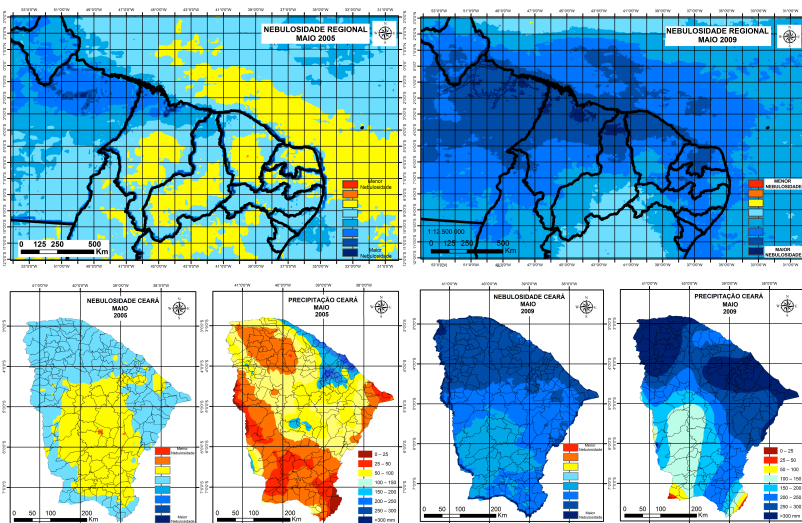
A banda de nuvens intertropical, a essa altura, se encontra em retirada para o Hemisfério Norte, finalizando sua participação na região para o ano de 2005.

Por sua vez, em abril de 2009, com uma configuração acentuada sob todo o Ceará, a ZCIT atinge, aproximadamente, sua posição mais ao sul, incursionando até 8°, marcando seu mês de maior participação, com a nebulosidade tomando todo

o Estado e produzindo elevada precipitação na mesma proporção espacial ocupada.

Em maio de 2005, a banda de nuvens associada a ZCIT não é mais representativa para a região em estudo, como observado na Figura 7. O sistema incursiona agora em direção a bacia norte do oceano Atlântico tropical.

Figura 7: Nebulosidade e precipitação em maio, 2005 e 2009



Fonte: Adaptado de Soares (2015).

O fato de a ZCIT não participar mais da dinâmica climática na região, finaliza de forma prematura o período chuvoso do Ceará.

Para o mesmo período em 2009, a ZCIT ainda participa dos tipos de tempo, porém rumando para a bacia norte do Atlântico tropical.

O sistema mantém-se sob um ramo de maior nebulosidade, principalmente, entre a porção central, e o norte do Ceará, sua zona de gênese territorial, sendo também o último local incursionado pela banda de nuvens intertropical, que já se desloca rumo ao Hemisfério Norte.

É possível observar ainda que, conforme a Figura 7, durante o deslocamento do sistema no mês de maio, seu ramo de menor nebulosidade é encontrado entre a porção central e sul do Ceará.

Essa porção centro-sul é a última a receber os incrementos de precipitação oriundos da ZCIT, destacando-se apenas o mês de abril como aquele de maior atuação do sistema na região. Ao contrário, a porção centro-norte, principalmente no litoral, e nas regiões próximas a este, as precipitações associadas a ZCIT são mais constantes.

Há uma escassez de chuva para maio de 2005, dado a ausência da ZCIT, porém as precipitações são ainda muito evidentes em 2009, principalmente nos locais onde o ramo de

nebulosidade do sistema é mais constante e intenso, conforme observado na Figura 7.

6. Considerações finais

A ZCIT é o principal sistema atmosférico responsável pela precipitação no Ceará. Quando o sistema é decadente a estiagem impera, visto que mesmo sob influência dos VCAN, como sistemas produtores de chuva, estes não conseguem suprir a precipitação gerada pela ZCIT.

A ZCIT não é constante para todo o Ceará, mesmo no ano-padrão chuvoso, a porção sul do Estado é menos influenciada, com destaque o sertão dos Inhamuns, na porção sudoeste, região bastante seca, cuja relação com a ausência de participação da ZCIT nos tipos de tempo deve ser considerada. O litoral, por sua vez, local de gênese territorial da ZCIT no Ceará, mesmo no ano de característica seca, foi contemplado com chuvas oriundas do sistema, porém, sendo influenciado apenas pelo ramo de nebulosidade periférica da ZCIT.

As incursões da ZCIT no Estado do Ceará, devem ser consideradas eventos responsáveis por absolutos desvios no ritmo climático. Em poucos casos, o sistema incursiona de

forma constante à área em estudo, como observado no ano de 2009. Tal afirmação é possível, ao analisar que na série 1991-2010, adotada por Soares (2015) e utilizada como fundamento aos anos-padrão nesta pesquisa, tem-se apenas os anos de 1994, 2000 e 2009 como chuvosos, indicando que uma participação mais ativa da ZCIT nos tipos de tempo do Ceará aconteceu somente nestes anos.

Referências

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 22, n.1, p. 63-74, 2007.

CPTEC. CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais**. 2011. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>. Acesso em: em: 2 ago. 2011.

FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Projetos especiais**. Disponível em: <http://www.funceme.br/principal-pirata>. Acesso em: 05 jun. 2010.

FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Campos de TSM e Vento no Atlântico**

Tropical. 2014. Disponível em: http://http://www.funceme.br/?page_id=2723. Acesso em: 10 jul. 2015.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Ceará em números 2011:** caracterização territorial. Fortaleza: IPECE, 2011. 245 p.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O. de; SOUZA, M. J. N. de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000. 264p.

LUCENA, D. B.; SERVAIN, J.; GOMES FILHO, M. F. Evolução do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no Nordeste do Brasil. In: SERVAIN, J.; J.N.B. CAMPOS; E.S.P.R. MARTINS; D.S. REIS, Jr. (Org.): **Clima do Atlântico Tropical e impactos sobre o Nordeste.** Fortaleza: Funceme, 2010. p. 176 – 197.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo:** estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: IGEOG, 1973. 129p.

NCDC (EUA). **Southern Oscillation Index.** 2014. Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicato rs/soi/>. Acesso em: 02 abr. 2015.

SOARES, L. P. **Caracterização climática do Estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo.** 2015. 240 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) –

Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2015.

TAVARES, A. C. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, n.1, v.1, Rio Claro, p. 79-87, abril 1976.

TRMM (EUA). **Precipitation. NASA Gedisc Data Archive**, 2013. Disponível em: https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_L3/TRMM_3B42_Daily.7/. Acesso em: 27 jan. 2014.

UVO, C. **A Zona de Convergência e sua relação com a precipitação no Nordeste Brasileiro**. 1989. 120 p. Dissertação de Mestrado – INPE, São José dos Campos. 1989.

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de Chuva: Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Fortaleza-Ceará: ABC Editora, 2001, 478 p.

ZANELLA, M. E. Caracterização climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W.; CAVALCANTE, T. (Org.). **Geografia do Ceará: um novo olhar geográfico**. 2ª ed. Fortaleza: Ed. D. Rocha, 2007. p. 169 – 188.

CHUVA HORÁRIA NO ESTADO DA PARAÍBA

Maressa Oliveira Lopes Araújo

Daisy Beserra Lucena

1. A chuva em escala horária

A chuva é uma das variáveis mais analisadas nas pesquisas em Climatologia, uma vez que afeta direta e indiretamente a sociedade e o meio ambiente. Outrossim, é um elemento de suma importância para a caracterização climática de uma região (TOTA *et al.*, 2000).

As análises climáticas são realizadas em escalas temporais, principalmente com enfoque anual e mensal, apresentando escassez aqueles estudos destinados às escalas diárias e, especialmente, horárias (SILVA, 2013). Isto pode ser justificado pela disponibilidade e consistência dos dados em escala menores. A isso, Ayoade (1991, p. 170) comenta:

Existem poucos estudos sobre a variação diurna da precipitação [...] Nos trópicos,

onde os regimes diurnos da precipitação pluvial são mais regulares, seus estudos são dificultados pela ausência de dados adequados. Os regimes diurnos da precipitação pluvial somente podem ser indicados através de dados horários de precipitação pluvial, que são obtidos de pluviômetros autográficos, os quais ainda são limitados na maioria das áreas tropicais.

Destaca-se que os dados horários podem ser coletados por pluviogramas provenientes de Estações Meteorológicas Convencionais (EMC) e pelas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA). No Brasil, tem-se o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) como o principal responsável pela implantação e manutenção das EMAs, apresentando um quantitativo aproximado de 600 estações distribuídas em todo território nacional (INMET, 2019).

As chuvas horárias, ou variação diurna da precipitação, são de grande valia para o planejamento e para a tomada de decisões da sociedade, uma vez que interferem nas atividades econômicas, sociais e culturais, podendo também servir de referência às demais escalas de observação climática (MELLO; ARRUDA; ORTOLANI, 1994; SANTOS NETO, 2014).

Ademais, Monteiro (1973) já considerava que as medidas horárias também são significativas à ocorrência de eventos extremos e isolados de precipitação. Corroborando com esta colocação, Mendes (2013) afirma que essa escala aproxima mais a realidade do acontecimento da chuva, podendo assim ter 24 possíveis eventos em apenas um dia.

Outro ponto importante a ser destacado é a relação do clima com o espaço geográfico. Sabe-se que a urbanização crescente e desordenada, no Brasil, modificou a paisagem das cidades, o que afetou diretamente a configuração natural do espaço, seja a retirada da cobertura natural do solo, a extensiva construção de edificações em áreas antes intocadas pelo homem, dentre outras ações que continuam atingindo diretamente o meio ambiente.

Zanella e Moura (2013) trazem a abordagem de que, principalmente nos ambientes urbanos, os problemas socioambientais também são agravados por questões climáticas e isso é motivo de atenção tanto para as autoridades, referindo-se ao planejamento urbano, quanto para a própria população, ao passo que também são agentes agravadores das

mudanças climáticas e, conseqüentemente, de impactos ambientais.

Em espaços urbanos, a atuação das chuvas ganha destaque principalmente no que concerne ao excesso dessas, ao modo que podem provocar desastres naturais do tipo de inundação, enxurrada, alagamentos, deslizamentos de terra, entre outros. Em concordância com Müller, O’Gorman e Back (2011), o cenário atual de mudanças climáticas provocam chuvas de maiores intensidades cada vez mais frequentes, apresentando capacidade de causar impactos significativos ao meio, sobretudo na região urbana onde os solos são mais suscetíveis a tais impactos.

Cientes de que a análise climática, a partir da utilização de dados horários, traz informações mais realistas da ocorrência do evento, ressalta-se que as chuvas de forte intensidade ocorridas em um curto período de tempo podem potencializar e causar danos ambientais, sociais e econômicos. Nesse sentido, destaca-se trabalhos como Alves e Galvani (2012), Souza, Azevedo e Araújo (2012), Albuquerque *et al.* (2013), Santos e Galvani (2014), Santos Neto (2014), entre outros.

Enfatiza-se ainda que, compreender a intensidade das chuvas horárias, para Cruciani (1986), colaboraria com projetos de engenharia, uma vez que, para Cruciani, Machado e Sentelhas (2002), ao apresentar os efeitos ocasionados pelas chuvas intensas em um curto período de tempo, seria possível controlar o escoamento superficial, além de prever e tomar providências antes da ocorrência dos eventos extremos e/ou intensos.

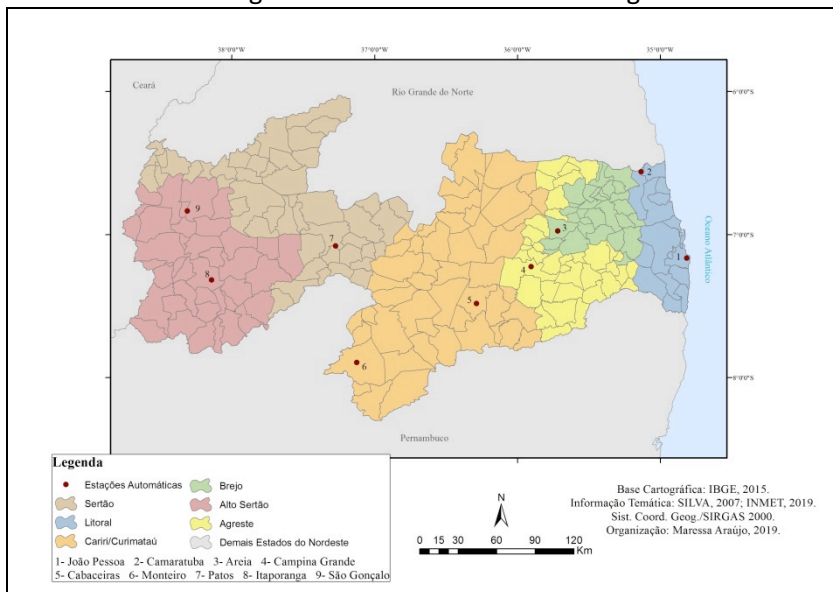
Diante do exposto, esse capítulo tem como objetivo colaborar com os estudos e reflexões sobre a importância da chuva em escala horária, bem como apresentar o comportamento do ciclo diurno da precipitação no estado da Paraíba, para um recorte temporal que varia de 2004 a 2018.

2. Dados horários no estado da Paraíba

As Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) estão presente em apenas nove municípios da Paraíba, sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia. Essas estão dispostas de acordo com as seis microrregiões pluviometricamente homogêneas delimitadas por Silva (2007) para o estado, como segue: duas estações no Litoral do estado

(João Pessoa e Camaratuba); uma no Brejo (Areia); uma no Agreste (Campina Grande); duas no Cariri/Curimataú (Cabaceiras e Monteiro); uma no Sertão (Patos); e duas no Alto Sertão (São Gonçalo e Itaporanga), como exibido na Figura 1. Todavia, para a análise, foram utilizadas somente oito estações automáticas, uma vez que a localizada no município de Itaporanga apresentou série temporal muito pequena.

Figura 1: Estações automáticas no estado da Paraíba por Microrregião Pluviometricamente Homogênea



Fonte: Araújo (2020).

Apesar da importância na padronização temporal dos dados, caso um estudo tenha mais de uma localidade a ser analisada (ZAVATTINI; BOIN, 2013), não foi possível delimitar uma data início padrão para todas as localidades analisadas devido à disponibilidade dos dados. Contudo, mesmo com períodos de análise diferentes para cada localidade, pode ser observado (Quadro 1) que o quantitativo de informações é relevante para estudos nesta escala.

Quadro 1: Disponibilidade dos dados para cada estação automática do INMET, localizadas no estado da Paraíba, tendo como recorte temporal o período entre 2004 e 2018

Estação Automática	Início dos dados	Término dos dados	Total de anos por estação
Areia	15/11/2004	31/12/2018	14
Cabaceiras	27/02/2008		10
Camaratuba	03/05/2008		10
Campina Grande	21/12/2006		12
João Pessoa	20/07/2007		11
Monteiro	21/08/2007		11
Patos	20/07/2007		11
São Gonçalo	05/11/2007		11

Elaboração: as autoras (2020).

Para esta análise, foram utilizados dados de chuva a partir de 0,2 mm/hora das estações do INMET supracitadas, acumulando um quantitativo de 44.572 dados de chuva horária, todos convertidos de UTC – *Coordinated Universal Time* para o horário de Brasília, este de uso no Brasil.

Técnicas básicas da estatística descritiva foram aplicadas a fim de se obter os valores máximos da chuva horária, a frequência e a distribuição ao decorrer do dia.

A frequência da chuva também foi analisada em relação ao período de ocorrência durante o dia, em intervalos de seis horas: madrugada (00:00 hr às 05:00 hrs); manhã (06:00 hrs às 11:00 hrs); tarde (12:00 hrs às 17:00 hrs) e noite (18:00 hrs às 23:00 hrs).

A classificação das chuvas (Quadro 2) em níveis de intensidade baseou-se proposta de Mendes (2013) com pequenas adaptações para corresponder à realidade climática dos ambientes em estudo.

Quadro 2: Critério de classificação da intensidade das chuvas horárias

CLASSIFICAÇÃO	CHUVA HORÁRIA (mm.h⁻¹)
Fraca	0,2 -- 1,0
Moderada	1,0 -- 4,0
Forte	4,0 -- 16,0
Muito Forte	16,0 --50,0
Intensa	≥50,0

Fonte: adaptado de Mendes (2013).

Compreender a intensidade da chuva horária é importante, pois, dependendo do volume e da frequência, e quando atrelada ao nível de capacidade de infiltração de água no solo, podem provocar desastres naturais e causar danos socioambientais e econômicos (ALVES; GALVANI, 2012; MENDES, 2013).

3. Ciclo diurno da chuva

De acordo com a literatura, existe um padrão com relação às chuvas horárias que modificam de acordo com a localização geográfica. Kousky (1980), por exemplo, apresentou para a região Nordeste do Brasil que, nas regiões litorâneas a ocorrência das chuvas ocorre com mais frequência entre o

período noturno e o início da manhã. Já em áreas mais adentro ao continente, o autor indica maiores ocorrências de chuva durante o final da tarde e o período noturno.

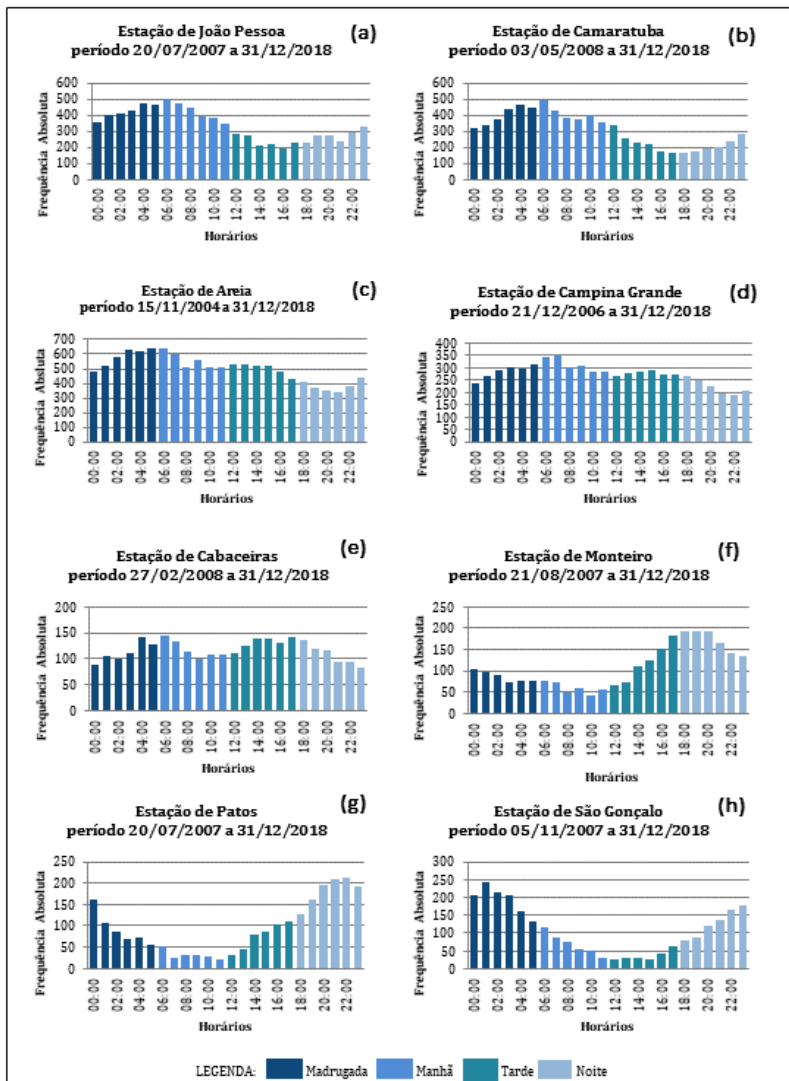
A climatologia da Paraíba já é bem peculiar quando apresenta diferentes tipos climáticos em seu território (úmido, subúmido e semiárido), isso interferido diretamente pela presença do Planalto da Borborema, permitindo assim uma costa leste mais úmida a barlavento e regiões mais secas a sotavento da mesma, especificamente mais ao interior do estado (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Posto isto, a análise será realizada primeiramente pelos municípios mais próximos ao litoral (considerou-se até a microrregião do Agreste), posteriormente dar-se-á atenção àqueles com mais de 300 km de distância da região litorânea da Paraíba, além do município de Cabaceiras que não se encaixa em nenhum padrão das demais localidades.

A partir dos resultados apresentados na Figura 2, verifica-se a ocorrência de chuvas em todos os horários do dia e uma diferenciação no horário preferencial para a ocorrência ou não das mesmas, isso para todas as localidades em estudo.

A preferência da ocorrência das chuvas é especialmente no início da manhã para as localidades mais próximas ao litoral, destacando João Pessoa e Camaratuba com chuva preferencialmente às 06:00 horas, Areia às 05:00 horas e Campina Grande às 07:00 horas. Esse padrão vai de encontro ao exposto por Albuquerque *et al.* (2013) para a cidade de Recife, região litorânea no estado de Pernambuco, em que as chuvas ocorriam mais às 06:00 e às 07:00 horas da manhã. Já referente ao horário que menos chove nas regiões próximas ao litoral paraibano, destaca-se o final da tarde e o turno da noite, com os horários entre 16:00 horas e 23:00 horas.

Figura 2: Ciclo diurno da precipitação para as EMA's da Paraíba, período 2004 a 2018



Fonte: adaptado de Araújo (2020).

A EMA de Cabaceiras (Figura 2e) apresentou uma peculiaridade ao ser possível identificar três picos de horários com maiores ocorrências das chuvas, sendo às 04:00, 06:00 horas e 17:00 horas. Aliás, o turno que mais chove no município é durante a tarde, o que difere ao analisado nas demais EMAs do estado.

As localidades de Monteiro, Patos e São Gonçalo, estas a mais de 300 km de distância do litoral paraibano, encontrou-se um padrão diferente das que foram anteriormente comentadas, em que as chuvas ocorrem com mais frequência durante a noite e madrugada, sendo 18:00 horas em Monteiro, 22:00 horas em Patos e 01:00 hora em São Gonçalo. Quanto aos turnos com menos ocorrência de chuva, destaca-se os dois primeiros municípios com destaque para o período da manhã e apenas São Gonçalo durante a tarde.

Atrelado à intensidade, os valores máximos de chuva por hora de ocorrência, em cada localidade, estão apresentados no Tabela 1. Destaca-se, portanto, que volumes que correspondem a classe Intensa, com chuvas a partir de 50 mm/hora, não foram encontrados nas EMAs de João Pessoa,

Camaratuba e Areia, todos localizados nas regiões que mais chovem do estado.

Tabela 1: Valores máximos de precipitação horária para as EMA's no estado da Paraíba, período 2004 a 2018

EMA	Máximo	Hora	Dia
João Pessoa	44,8	18:00	02/05/2017
Camaratuba	36,6	01:00	12/04/2009
Areia	48,0	17:00	09/01/2016
Campina Grande	72,4	20:00	28/04/2011
Monteiro	74,0	20:00	21/01/2009
Cabaceiras	82,4	18:00	17/05/2008
Patos	80,4	20:00	13/04/2009
São Gonçalo	68,6	04:00	09/05/2013

Elaboração: as autoras (2020).

Como apresentado na Tabela 2 acerca da frequência relativa das chuvas quanto suas intensidades para cada EMA analisada, em maior quantitativo, as classes Fraca e Moderada, de 0,2 mm/hora a 3,9 mm/hora, correspondem a 89,5% dos dados analisados, o que já era esperado para a ocorrência horária das chuvas. Estas, com tal intensidade, podem ser causadas pela atuação das brisas, uma vez que este sistema provoca chuvas de baixa intensidade (TEIXEIRA, 2008).

Apesar das EMAs de Campina Grande, Cabaceiras, Monteiro, Patos e São Gonçalo apresentarem chuvas inseridas na classificação Intensa, a quantidade de eventos é muito pequena, com apenas 17 eventos em todo período analisado. No entanto, são essas chuvas e àquelas classificadas como Forte e Muito Forte que são as possíveis causadoras de impactos ao meio socioambiental, o que necessita de atenção. Acredita-se que esses eventos ocorrem devido a atuação de sistemas como ZCIT e VCAS, e atrelados às brisas (ALMEIDA, 2012).

Tabela 2: Distribuição percentual da intensidade da chuva (mm.h^{-1}) para as EMAs no estado da Paraíba, período 2004 a 2018

EMA	0,2 -- 1,0	1,0 -- 4,0	4,0 -- 16,0	16,0 -- 50,0	$\geq 50,0$
Areia	62,61%	30,11%	6,86%	0,42%	0,00%
Camaratuba	65,03%	24,93%	9,30%	0,74%	0,00%
Campina Grande	69,77%	24,19%	5,68%	0,33%	0,03%
Cabaceiras	72,24%	21,30%	5,36%	1,03%	0,07%
João Pessoa	55,30%	31,08%	12,11%	1,51%	0,00%
Monteiro	58,92%	26,09%	12,33%	2,54%	0,12%
Patos	51,53%	28,02%	16,06%	4,13%	0,26%
São Gonçalo	52,37%	28,49%	14,82%	4,16%	0,16%

Elaboração: as autoras (2020).

4. Considerações finais

O presente capítulo constitui-se numa análise inicial no entendimento do comportamento diurno da chuva horária no estado da Paraíba, o que permitiu verificar as diferenças existentes entre os horários e volumes das chuvas horárias nas microrregiões pluviometricamente homogêneas. Além disso, é possível refletir no impacto que isto pode provocar na sociedade e em seus setores. Não obstante, entende-se que são necessários estudos mais aprofundados sobre o entendimento dinâmico da gênese dessas chuvas, bem como um maior enfoque, e detalhe, aos impactos causados pelas chuvas com maiores volumes e intensidade.

A temática do ciclo diurno da precipitação deve ser refletida e discutida por pesquisadores da Climatologia Geográfica e áreas afins, uma vez que trará retorno à sociedade como forma de contribuição para o planejamento das suas atividades ao decorrer de um dia e até mesmo colaborar com ações governamentais para o melhoramento das regiões.

Referências

ALBUQUERQUE, R. T. D. B. *et al.* Distribuição temporal das precipitações no município do Recife. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 245-252. 2013.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à Geografia**. UEPB, Campina Grande – PB, Publicação didática, 2012. 165p.

ALVES, R. R.; GALVANI, E. Ocorrência horária e sazonal das precipitações no município de São Paulo, SP. **Revista GEONORTE**, Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p. 530-540, 2012.

ARAÚJO, M. O. L. **Análise da precipitação horária no estado da Paraíba**. 2020. 58 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1991. 332 p.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. São Paulo: Nobel, 1986. 337 p.

CRUCIANI, D. E.; MACHADO, R. E.; SENDELHAS, P. C. Modelos da Distribuição Temporal de Chuvas Intensas em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 6, n. 1, p. 76-82, 2002.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do estado da Paraíba**, 1ª ed. Campina Grande: EDUFPG, 2017. 75 p.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 27 dez. 2019.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 108, p. 488-498, 1980.

MELLO, M. H. A.; ARRUDA, H. V.; ORTOLANI, A. A. Probabilidade de Ocorrência de Totais Pluviais Máximos Horários, em Campinas – São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v. 15, n 1-2, p. 59-67, 1994.

MENDES, D. **Análise estatística de uma série histórica de precipitação horária na cidade de São Paulo (1970 a 2009)**. 2013. 250 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo**: estudo em forma de Atlas. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973. 130 p.

MÜLLER, C. J.; O’GORMAN, P. A.; BACK, L. E. Intensification of precipitation extremes with warming in a cloud-resolving model. **Journal of Climate**, v. 24, p. 2784–2800, 2011.

SANTOS, D. D.; GALVANI, E. Distribuição sazonal e horária das precipitações em Caraguatatuba-SP e a ocorrência de eventos

extremos nos anos de 2007 a 2011. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 n. 2, p. 214–229. 2014.

SANTOS NETO, L. A. **Variabilidade da precipitação horária em Porto Velho RO e suas tendências anuais e sazonais**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2014.

SILVA, C. M. S. Ciclo diário e semidiário de precipitação na costa norte do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 1, p. 34-42. 2013.

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 02, p. 250-268. 2012.

TEIXEIRA, R. F. B. O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.3, p. 282-291, 2008.

TOTA, J. *et al.* Análise da variabilidade diária da precipitação em área de pastagem para a época chuvosa de 1999 – Projeto TRMM/LBA. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 4, p. 629-639. 2000.

ZANELLA, M. E; MOURA, M. O. O clima das cidades no Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana.

Revista da ANPEGE, v. 9, n. 11, p. 75-89, 2013.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2013. 151 p.

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL, EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E ÍNDICE DE ARIDEZ NO SERIDÓ DA PARAÍBA

*Jório Bezerra Cabral Júnior
Rebecca Luna Lucena*

1. Introdução

A região Nordeste do Brasil (NEB) possui uma área de 1.554,291 Km² composto por nove estados (IBGE, 2017). Uma das características marcantes dessa região é o déficit hídrico, pois a Evapotranspiração de Referência (ET₀) supera a Precipitação Pluvial (PP) na maior parte do tempo e espaço, isso culmina na ocorrência e intensificação de secas.

Entre as principais características/ consequências da seca incluem-se: redução da produção agrícola, degradação do solo, mudanças no ecossistema e diminuição do escoamento da água superficial (MARENGO; BERNASCONI 2015). Quando há uma persistência e/ou intensificação desse fenômeno, processos de

desertificação podem ser desencadeados, e os impactos socioambientais elevarem-se. Segundo Vieira *et al.* (2015), 94% do NEB já apresenta susceptibilidade, de moderada a alta, à desertificação.

Projeções climáticas, para este século, feitas por Marengo e Bernasconi (2015) sugerem aumento espacial da seca no NEB, com reduções de chuva, déficits de água e secas mais prolongadas, com condições áridas para a região a partir da segunda metade do século 21. Silva (2004) haviam observado esses indícios, com dados observados de 19 estações, principalmente a partir da década de 1960, e concluíram que o NEB está passando por um processo de secura ambiental, havendo predominantemente aumento da ET_0 e Aridez, e diminuição da PP.

Cunha *et al.* (2015) analisaram as características espaciais e temporais da seca sobre a vegetação na região semiárida do Brasil, através de sensoriamento remoto, e encontraram que durante um grande evento de seca (2012 a 2013), aproximadamente 85% da região foi afetada, atingindo cerca de 1300 municípios e afetando cerca de 10 milhões de pessoas; estudos têm mostrado que a seca entre 2011-2016 no NEB foi uma entre as mais intensas e frequentes (BRITO *et al.*, 2017; CABRAL JÚNIOR; LUCENA, 2020).

Alguns estudos para a região do NEB mostraram tendências significativas de variações da ET_0 possivelmente ocasionadas por impactos antropogênicos, em Juazeiro-BA e Petrolina-PE (CABRAL JÚNIOR *et al.*, 2019). Esses impactos podem alcançar áreas maiores a depender da escala regional modificada, por exemplo, a substituição da vegetação natural do Bioma Caatinga por agropecuária, em Petrolina-PE, impulsionou alterações microclimáticas (CUNHA *et al.*, 2013). Vieira *et al.* (2013) identificaram que 57% do território do NEB apresentaram modificações antropogênicas, antes ocupadas pela Caatinga. Em consonância, para uma sub-bacia hidrográfica do estado da Paraíba, Alves *et al.* (2017) concluíram que o processo de degradação (desertificação) da superfície derivam muito mais de ações humanas do que climáticas.

As variabilidades espacial e sazonal da ET_0 são verificadas neste trabalho. Analisou-se ainda a variabilidade mensal e anual da ET_0 , assim como a PP e o Índice de Aridez (IA), verificando se há indícios de tendências significativas para essas três variáveis no Seridó do estado da Paraíba.

2. Variabilidade sazonal e anual da ET_0 na região Nordeste

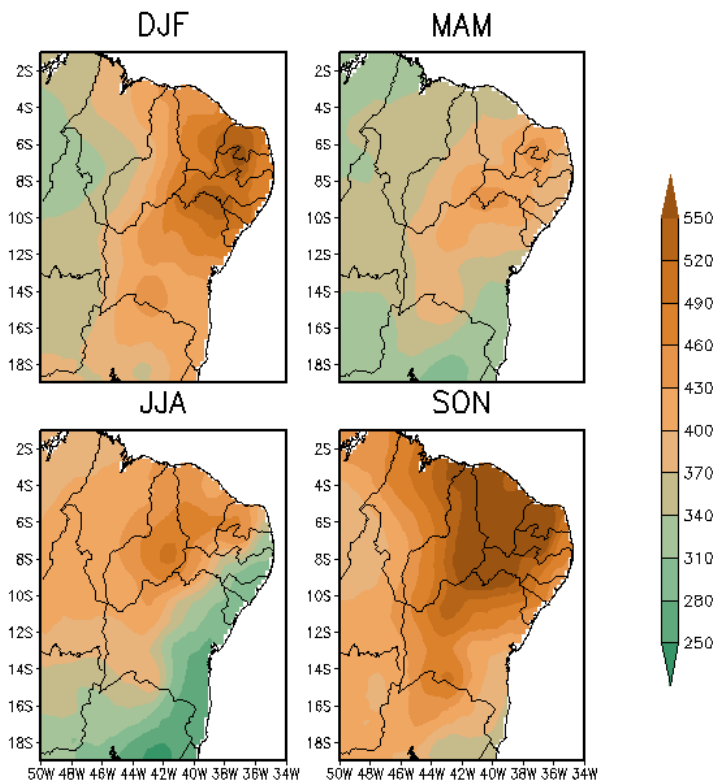
A ET_0 no NEB apresenta elevada variabilidade espaço-temporal nas distintas estações do ano (Figura 1). Os maiores valores médios da ET_0 ocorrem, em média, na estação da primavera (SON), cujo período coincide com o período mais seco da região. Em contrapartida, os menores valores ocorrem no outono (MAM), exceto para o leste do NEB.

Possivelmente essas características apresentam indícios de relação com o período chuvoso (maior frequência de cobertura de nuvens, maior umidade e conseqüentemente menor irradiância solar direta), uma vez que a estação mais chuvosa no leste do NEB ocorre no inverno (JJA) e na maior parte do semiárido as chuvas são mais frequentes no outono (MAM).

Em termos anuais (Figura 2), pode-se verificar que os valores da ET_0 são expressivos e alcançam, em média, valores por volta do 2000 mm/ano, especialmente na maior parte da área que compõe a região semiárida. A oeste do estado do Rio Grande do Norte e noroeste e centro-norte da Paraíba, que englobam a região do Seridó paraibano e potiguar e suas adjacências, sendo, portanto, a região de maior valor de ET_0 , em termos médios anuais.

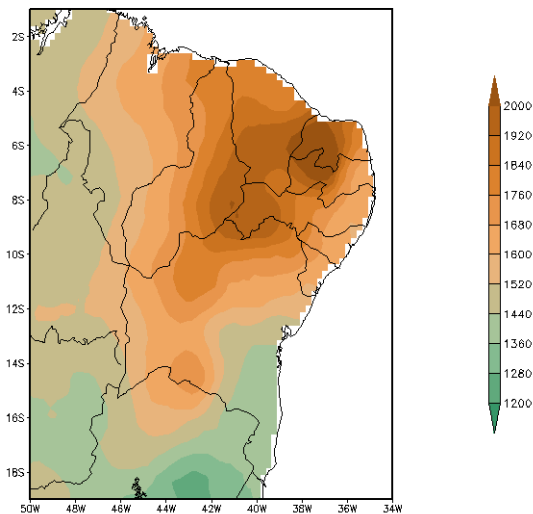
Na parte sudeste do NEB (região cacauqueira da Bahia), apresentam os menores valores, em termos anuais, seguidos pelo sudoeste do estado Maranhão.

Figura 1: Distribuição espacial e sazonal da Evapotranspiração de Referência para a região Nordeste do Brasil. Período: 1980 a 2013



Elaboração: os autores (2020).

Figura 2: Distribuição espacial da Evapotranspiração de Referência, média do acumulado anual, para a região Nordeste do Brasil. Período: 1980 a 2013



Elaboração: os autores (2020).

3. Características, mensal e anual, de variáveis hidroclimáticas (PP, ET₀ E IA) no Seridó Paraibano

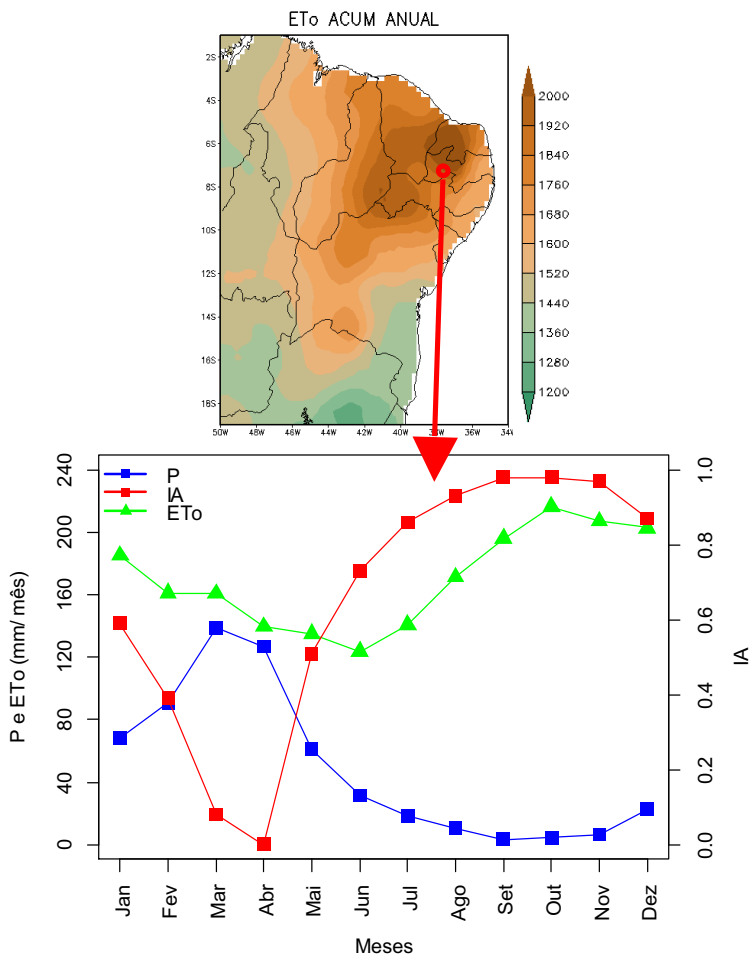
Uma das regiões mais vulneráveis ao clima, que apresenta os maiores valores na ET₀ e também baixa pluviosidade é o Seridó do estado da Paraíba. Foram realizadas análises de dados precisamente do município de São José de Sabugi-PB. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente

(MMA, 2016), por conseqüências também das características acima citada, essa região apresenta alto risco à desertificação.

Na Figura 3, observa-se as variabilidades mensais da PP, ET_0 e do IA para a referida localidade, nota-se que a ET_0 é maior, em média, que a precipitação em todos os meses do ano, com uma diferença maior no período seco (segundo semestre do ano), quando a demanda de água para a atmosfera aumenta consideravelmente alcançando acumulados de aproximadamente 200 mm.mês^{-1} , em contrapartida as chuvas tornam-se mais escassas e atingem apenas cerca de 10% da ET_0 na segunda metade do ano. Vale ressaltar que os maiores valores de precipitação nos meses de fevereiro a abril estão associados a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Quanto ao IA $\left(IA = \frac{ET_0 - PP}{ET_0} \right)$, percebe-se que os menores valores ocorrem no período mais chuvoso e os maiores, no período seco. A relação inversa do IA com a PP mostra que o grau de aridez aumenta à medida que a precipitação diminui, porém, o grau de aridez é intensificado com o aumento da ET_0 .

Figura 3: Variabilidades mensais da Precipitação (P), Evapotranspiração de referência (ET_0) e Índice de Aridez (IA) para uma localidade do Seridó da Paraíba (São José de Sabugi) considerada vulnerável às condições climáticas e processo de desertificação. Período: 1980 a 2013



Elaboração: os autores (2020).

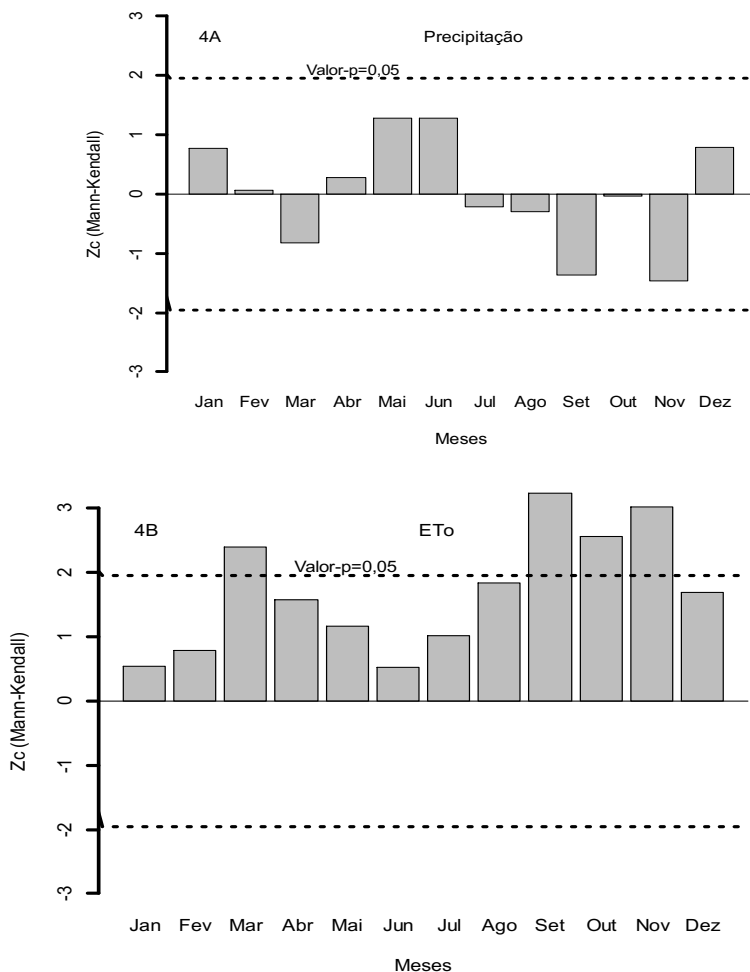
4. Análise de tendências

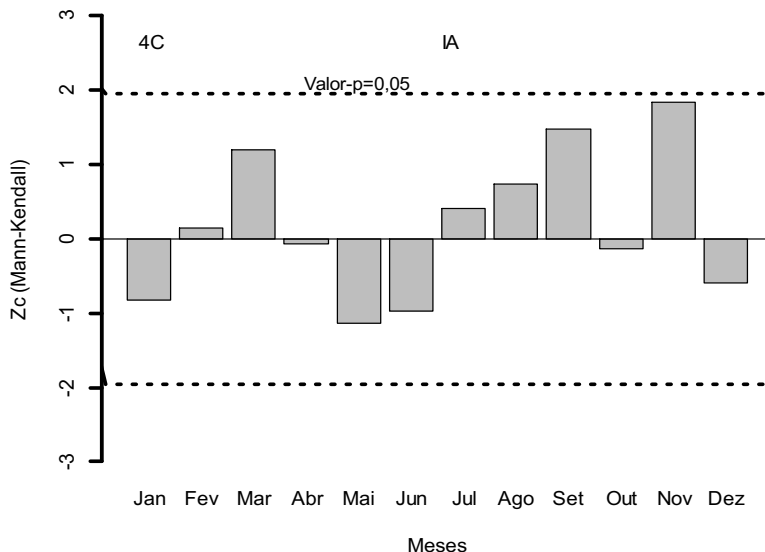
Um dos testes de tendência mais conhecido e utilizado mundialmente em séries climáticas é o teste de Mann-Kendall, que foi aplicado nas variáveis PP, ET_0 e IA, nas escalas mensais, para São José de Sabugi-PB, sendo verificada na Figura 4 (A, B e C).

Os valores de Z do teste estatístico de Mann-Kendall e seus respectivos limiares de significância ($\alpha=5\%$), marcados pelas linhas pontilhadas, demonstram que a tendência é significativa a 5% quando os valores das estatísticas de Z (Z_c) ultrapassam esse limiar.

De modo geral verificou-se que a PP e o IA, Figuras 4A e 4C respectivamente, não apresentaram tendência estatisticamente significativa para o período analisado (1980 a 2013). Por outro lado, a ET_0 (Figura 4B) registrou tendências positivas em todos os meses do ano, porém só foram significativas a 5% nos meses de março, setembro, outubro e novembro.

Figura 4: Estatísticas Z do teste de tendência de Mann-Kendall para a PP (4A), ET₀ (4B) e IA (4C) mensais e seus respectivos limiares de significância estatística, para São José de Sabugi-PB. Período: 1980 a 2013





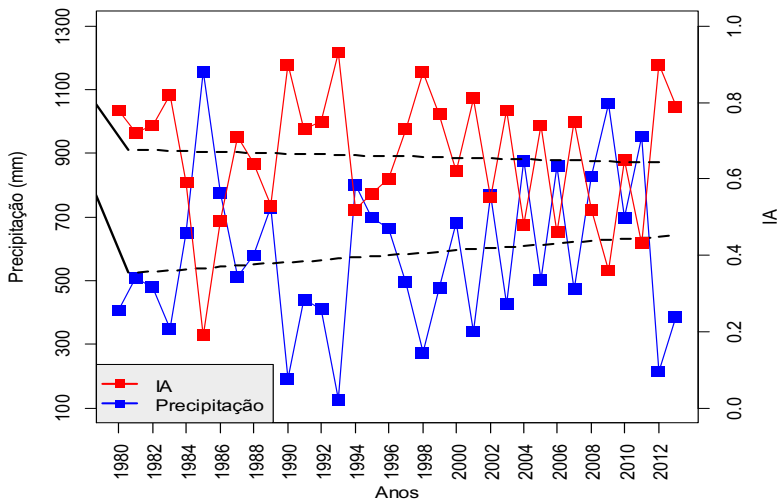
Elaboração: os autores (2020).

Para as tendências nas séries temporais anuais da PP, ET_0 e do IA, Figuras 5 e 6, também foram testadas. A distribuição do acumulado anual da PP, Figura 5, variou de 126,2 mm (no ano de 1993) a 1.157,0 mm (em 1985), cujo valor médio anual é de 582,1 mm. Para a ET_0 , Figura 6, a variação foi de 1.717,0 mm (em 1992) a 2.435,0 mm (em 2012), com média de 2.039,0 mm. Já o IA oscilou de 0,19 (em 1985) a 0,93 (em 1993). Nota-se que o maior e menor valor de PP ocorreram nos mesmos anos para o IA, só que de forma inversa quanto aos valores.

A correlação negativa entre a PP e o IA é quase perfeita ($r = -0,98$), isso demonstra que na referida região a PP é a variável dominante no IA.

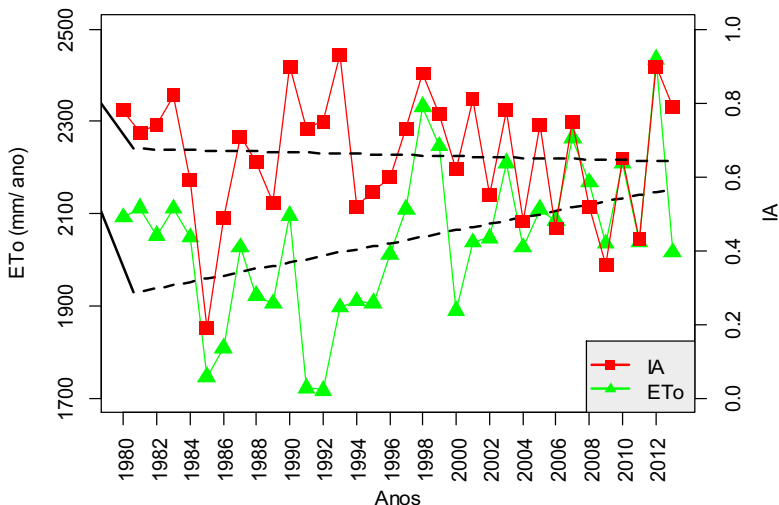
Em termos de tendências anuais, constataram-se aumentos da PP e da ET_0 , ocorridos entre as décadas de 1990 a 2000 (Figuras 5 e 6), contudo, a partir do teste de Mann-Kendall a tendência não foi significativa. Para o IA houve uma leve diminuição não significativa. Percebeu-se que em 82,4% dos anos, o IA foi igual ou superior a 0,5, indicando que o déficit hídrico na geografia da referida região é o que prevalece.

Figura 5: Variabilidades dos totais anuais da PP e IA em São José de Sabugi-PB. Período: 1980 a 2013



Elaboração: os autores (2020).

Figura 6: Variabilidades dos totais anuais da ET_0 e IA em São José de Sabugi-PB. Período: 1980 a 2013



Elaboração: os autores (2020).

5. Considerações finais

Considera-se que os menores e os maiores valores de ET_0 e IA são influenciados de forma inversa pela estação das chuvas. No período mais chuvoso, por exemplo, a irradiância solar direta tende a ser menor e a umidade relativa do ar tende a ser maior.

Não há existência de tendência significativa nas variáveis aqui analisadas (PP, ET_0 e IA) anualmente. Em termos

mensais só houve significância de tendência para a ET_0 nos meses de março, setembro, outubro e novembro.

O grau de aridez na região de São José do Sabigi (Seridó paraibano) é elevado na maior parte do ano. Mensalmente, em termos médios, os valores da ET_0 ficam maiores que a precipitação em todos os meses e culmina na característica de déficits hídricos (IA elevado).

Referências

ALVES, T. L. B.; DE AZEVEDO, P. V.; COSTA DOS SANTOS, C. A. Influence of climate variability on land degradation (desertification) in the watershed of the upper Paraíba River. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 127, n. 3–4, p. 741-751, 2017.

BRITO, S. S. B. *et al.* Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, p. 517-529, 2017.

CABRAL JÚNIOR, J. B. *et al.* Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. **Theoretical And Applied Climatology**, v. 138, p. 215-225, 2019.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Analysis of precipitation using Mann-Kendall and Kruskal-Wallis non-parametric tests.

Mercator (Fortaleza), v. 19, e19001, 2020.

CUNHA, A. P. M. *et al.* Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest**

Meteorology, v. 214–215, p. 494-505, 2015.

CUNHA, A. P. M. *et al.* Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 139-152, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm>. Acesso em: 14 set. 2017.

MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climatic Change**, v. 129, n. 1–2, p. 103-115, 2015.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - BRASIL. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC**. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/cadastro_uc. Acesso em: 20 de nov. 2016.

SILVA, V. D. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil.

Journal of Arid Environments, v. 58, n. 4, p. 575-596, 2004.

VIEIRA, R. M. S. P. *et al.* Land use and land cover map of a semiarid region of Brazil for meteorological and climatic models. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 129-138, 2013.

VIEIRA, R. M. S. P. *et al.* Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, n. 1, p. 347–360, 2015.

CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BALANÇO HÍDRICO DA REGIÃO SEMIÁRIDA DA PARAÍBA

*Josivaldo Lucas Galvão Silva
Daisy Beserra Lucena*

1. Mudanças climáticas no contexto do semiárido

As mudanças climáticas globais segundo o IPCC (2007), podem ser entendidas como alterações do estado médio do clima como também da sua variabilidade, estas podem ser verificadas por meio de testes estatísticos que se baseiem em dados com períodos longos de tempo. De acordo com Margulis e Dubeux (2010), o Nordeste Brasileiro é considerado uma das regiões mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas globais no Brasil. Dentre os possíveis efeitos que tal região pode sofrer, destacam-se a perda de áreas propícias à agricultura, aumento na frequência e intensidade de eventos extremos, perda de biodiversidade, dentre outras.

Aproximadamente 77% do território nordestino é classificado como semiárido, tal delimitação leva em consideração o índice pluviométrico, o índice de aridez e o percentual de déficit hídrico (SUDENE, 2019). Estima-se, para essa região, um aumento na temperatura de 1,5 ° a 2,5°C e diminuição de até 35% da precipitação na janela de tempo futuro compreendida entre 2041 a 2070 (PBMC, 2014). Portanto, se torna de extrema importância o estudo da disponibilidade hídrica no solo frente a cenários de mudanças climáticas.

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pode ser utilizado como ferramenta de planejamento, uma vez que proporciona informações como o período de déficit e excedente hídrico. O balanço hídrico utiliza-se do princípio da conservação de massa para calcular a interação entre o solo vegetado, a atmosfera e seus processos de troca de água, fazendo uso de elementos como chuva, evapotranspiração potencial e um nível máximo de armazenamento no solo (PEREIRA *et al.*, 2002).

O BHC vem sendo extensamente utilizado em estudos científicos para avaliação de impactos de mudanças climáticas, Coutinho *et al.* (2015) comentam que a utilização do balanço

hídrico climatológico na região do Nordeste Brasileiro se justifica pela constante escassez de água, não somente em termos de totais anuais de precipitação, mas pela distribuição irregular da precipitação ao longo do tempo, que acaba provocando a necessidade de racionamento do recurso hídrico.

Ademais, as mudanças climáticas passam a exercer potencialmente maior ameaça às populações que, no clima atual, já são classificadas como vulneráveis como, por exemplo, a parte da população que pratica agricultura de subsistência, pode ser altamente impactada em frente a um cenário de adversidade climática, principalmente em zonas tropicais equatoriais, que exibem uma tendência de perda de áreas agricultáveis, assim como zonas áridas (MENDONÇA, 2003; MAN *et al.*, 2001).

Como as projeções para o semiárido brasileiro apontam para uma possível diminuição do volume precipitado e também projeta aumento de temperatura, tal cenário pode acarretar no agravamento da já existente competição pelos recursos hídricos, ou seja, a região semiárida mais árida poderá exercer influência direta na dinâmica de sobrevivência da população que vive na região (MARENGO *et al.*, 2011).

Portanto, é possível observar a importância do conhecimento da disponibilidade e déficit hídrico para gestão eficaz dos recursos hídricos, principalmente na região semiárida que apresenta histórico de escassez hídrica crônica.

De acordo com o que foi exposto, este capítulo pretende, a partir da aplicação da metodologia do balanço hídrico climatológico, analisar as variações espaciais e temporais da disponibilidade hídrica do solo no semiárido paraibano, assim como, estudar o comportamento do balanço hídrico climatológico da região em cenários de mudanças climáticas. Outrossim, trazer conhecimentos e reflexões acerca dos temas e resultados apresentados.

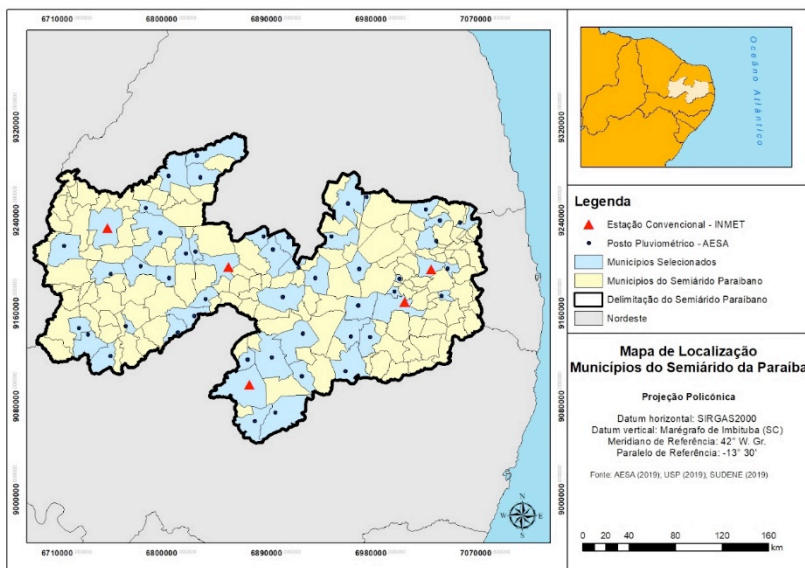
2. Dados de elementos climáticos no semiárido paraibano

Para a análise do BHC utilizou-se dados de elementos do clima provenientes da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 1).

Inicialmente as localidades escolhidas foram as que apresentavam a série completa de precipitações diárias (1994 a 2017), porém para melhor representação espacial do semiárido

paraibano, foram adicionados outros municípios que apresentaram uma série de dados de precipitação menor do que a definida. Com a intenção de facilitar a análise, serão consideradas as microrregiões pluviométricas homogêneas do Estado da Paraíba, que são: Sertão, Alto Sertão, Cariri, Agreste e Brejo.

Figura 1: Localização dos postos e estações inseridos no semiárido paraibano



Elaboração: os autores (2020).

Uma vez que o Balanço Hídrico necessita de dados de temperatura além de precipitação e, o Estado da Paraíba não dispõe de estações convencionais para leitura da temperatura em todos locais citados acima, diante disso, optou-se pela utilização do *software* Estima_T (CAVALCANTI; SILVA; SOUZA, 2006). O *software* interpola a temperatura máxima, média e mínima mensal a partir de informações da latitude, longitude e altitude para a localidade.

O cálculo do Balanço Hídrico Climatológico foi feito utilizando a metodologia inicialmente proposta por Thornthwaite e Mather (1948; 1955). O modelo tem como finalidade aferir a quantidade de água disponível no solo a partir das informações de precipitação média, temperatura e evapotranspiração potencial (ETP) da área de interesse. Como dados de saída, o BHC fornece valores de evapotranspiração potencial (ETR), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) que são usados para o cálculo dos índices climáticos utilizados para classificação climática.

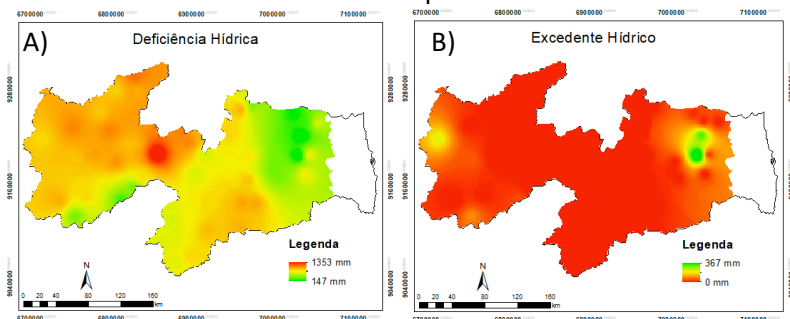
O cálculo das séries sintéticas de mudanças climáticas foi realizado através de uma adaptação da metodologia descrita por Escarião *et al.* (2012). A metodologia consiste em

aplicações de valores estimados às séries observadas de precipitação e temperatura, seguindo a seguinte proporção: variação da temperatura: + 1,5°C e +3°C e variação da precipitação: +20% e -20%.

3. Balanço Hídrico Climatológico no período de 1994 – 2017

Na Figura 2A observa-se a variação espacial da deficiência hídrica ao longo do semiárido paraibano. Os menores valores para a deficiência hídrica se encontram na região do Agreste e Brejo paraibano, destacando-se os municípios de Areia, Araruna e Solânea, com deficiências hídricas média anual de 147 mm, 251 mm e 168 mm, respectivamente. Os valores de deficiência hídrica para o Cariri variam entre 680 mm a 810 mm anuais. Já para a mesorregião do Sertão paraibano a variação ocorre majoritariamente na faixa de 800 mm a 950 mm, sendo, portanto, a região do semiárido paraibano com maior déficit hídrico.

Figura 2: A) Deficiência Hídrica e B) Excedente Hídrico para o semiárido da Paraíba no período de 1994 a 2017



Elaboração: os autores (2020).

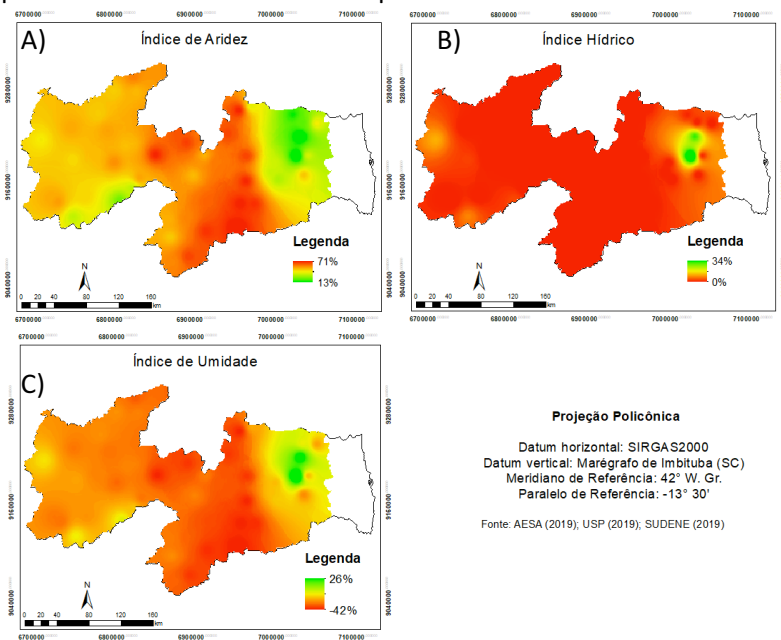
Em relação ao excedente hídrico, apresentado na Figura 2B, verifica-se sua ausência quase total em todo semiárido paraibano. Porém, nota-se ainda, que as extremidades a leste e oeste do semiárido paraibano apresentam excedente hídrico, sendo mais expressivo na região do Brejo, onde possui o valor médio anual de 367 mm.

Com relação ao índice de aridez (IA), na Figura 3A percebe-se a notável diferença entre o Agreste e Brejo paraibano e demais mesorregiões. Enquanto no Agreste e Brejo localidades como Areia, Araruna e Solânea apresentam um IA de 13%, 23% e 21%, respectivamente, as demais localidades do semiárido paraibano possuem IA entre 30% a 70% em média durante o período analisado.

O índice hídrico possui menos variação uma vez que está diretamente ligado ao excedente hídrico. Dos 51 municípios estudados, 46 apresentam o índice hídrico nulo, portanto é notável na imagem a predominância na Figura 3B de áreas em tons de vermelho tanto na região do Cariri quanto no Sertão.

Referente ao índice de umidade, a maior parte da área analisada apresenta valor do IU entre -20 a -40%, que pela classificação climática de Thornthwaite o clima é semiárido (Figura 3C). Ainda foram identificadas 7 localidades onde o índice de umidade apresenta valor inferior a -40%, o que significa que, durante o período estudado, tais regiões pelo método de classificação climática de Thornthwaite se enquadra no clima árido. Essas localidades são Congo, Boqueirão, Boa Vista, Patos, Picuí, Cabaceiras e Barra de São Miguel.

Figura 3: A) Índice de Aridez B) Índice Hídrico e C) Índice de Umidade para o semiárido da Paraíba no período de 1994 a 2017



Elaboração: os autores (2020).

Tem-se também, os municípios de Areia e Solânea, que apresentaram valores de índice de umidade de 33% e 21%, sendo assim classificados como clima úmido e subúmido, respectivamente. Tendo em vista as análises anteriores sobre tais localidades, fica evidente que elas possuem uma dinâmica climática diferente do resto do semiárido paraibano

4. Estimativa do Balanço Hídrico Climatológico por séries sintéticas de mudanças climáticas

Os valores dos índices e classificação climática para o município de Campina Grande estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Índices e classificação climática para o município de Campina Grande utilizando séries sintáticas de mudanças climáticas

Cidade	Projeção	Iu	Ia	Ih	DEF	EXC	Classificação
Campina Grande	(1) +1,5T +20%P	-19,25	33,00	0,55	455,47	7,59	Subúmido
							Seco
	(2) +1,5T -20%P	-32,98	54,97	0,00	758,68	0,00	Semiárido
	(3) +3T +20%P	-26,00	43,33	0,00	713,04	0,00	Semiárido
	(4) +3T -20%P	-37,33	62,22	0,00	1023,84	0,00	Semiárido

Elaboração: os autores (2020).

É possível observar uma indicação que o município poderá se tornar uma região mais árida, uma vez que o índice de aridez (Ia) da normal climatológica é 34%, e nos cenários o mesmo índice apresenta um aumento gradativo. Nos cenários mais desfavoráveis, projeções 2 e 4, é perceptível a consequência da diminuição da precipitação nos índices climáticos, principalmente no índice de aridez (Ia) que chega a apresentar valores de 62,22%, e perda de excedente hídrico, que só se mostra presente no cenário 1.

A Tabela 2 apresenta os resultados para o município de Monteiro.

Tabela 2: Índices e classificação climática para o município de Monteiro utilizando séries sintáticas de mudanças climáticas

Cidade	Projeção	Iu	Ia	Ih	DEF	EXC	Classificação
Monteiro	(1) +1,5T +20%P	-	49,35	0,00	761,64	0,00	Semiárido
		29,61					
	(2) +1,5T -20%P	-	66,23	0,00	1022,24	0,00	Semiárido
		39,74					
Monteiro	(3) +3T +20%P	-	58,27	0,00	1091,59	0,00	Semiárido
		34,96					
Monteiro	(4) +3T -20%P	-	72,18	0,00	1352,19	0,00	Árido
		43,31					

Elaboração: os autores (2020).

Em contraste do encontrado para Campina Grande, a principal mudança observada para o município é a presença da classificação já árida para o cenário mais desfavorável (projeção 4). Nessa projeção, o índice de aridez atinge aproximadamente 72% e deficiência hídrica atingindo o valor de 1352 mm.

Apesar dos valores preocupantes, é importante ressaltar que o cenário é o mais desfavorável, outros cenários apresentam situações mais amenas em questão de disponibilidade hídrica no solo, apesar da consistência do

município em apresentar excedente hídrico nulo ao longo das projeções, característica do município semiárido.

O município de Souza apresenta alta precipitação média, em comparação com outros municípios do semiárido paraibano, o que reflete nos valores das projeções realizadas (Tabela 3).

Tabela 3: Índices e classificação climática para o município de Souza utilizando séries sintáticas de mudanças climáticas

Cidade	Projeção	Iu	Ia	Ih	DEF	EXC	Classificação
Souza	(1) +1,5T +20%P	-20,02	46,87	8,10	964,51	166,74	Semiárido
	(2) +1,5T -20%P	-35,51	59,18	0,00	1217,85	0,00	Semiárido
	(3) +3T +20%P	-30,41	53,05	1,41	1382,25	36,84	Semiárido
	(4) +3T -20%P	-40,65	67,76	0,00	1765,48	0,00	Árido

Elaboração: os autores (2020).

Assim como Monteiro, o único cenário que apresenta classificação diferente é o 4, com a classificação árida é o cenário mais desfavorável, nos demais o município preserva sua classificação atual, que é semiárido. Observa-se ainda, que as projeções de maior precipitação para região, apesar da classificação climática não se alterar, a região apresenta excedente hídrico em ambas.

O município de Areia está inserido no semiárido paraibano, porém apresenta um regime de precipitação diferentes dos demais (Tabela 4). Mesmo no cenário mais desfavorável o município ainda não apresenta clima semiárido, atingindo um índice de aridez de 30% e um excedente hídrico de 67 mm.

Tabela 4: Índices e classificação climática para o município de Areia utilizando séries sintáticas de mudanças climáticas

Cidade	Projeção	Iu	Ia	Ih	DEF	EXC	Classificação
Areia	(1) +1,5T +20%P	36,72	14,40	45,37	179,45	565,21	Úmido
	(2) +1,5T -20%P	-3,25	23,59	10,90	293,95	135,83	Subúmido Seco
	(3) +3T +20%P	19,28	18,88	30,61	275,79	447,05	Subúmido
	(4) +3T -20%P	-13,46	30,13	4,62	440,06	67,45	Subúmido Seco

Elaboração: os autores (2020).

Dentre todos os municípios, o de Patos é o que apresenta maior vulnerabilidade hídrica frente a cenários de mudanças climáticas (Tabela 5). Em três de quatro cenários o município de Patos apresenta classificação Árida.

Tabela 5: Índices e classificação climática para o município de Patos utilizando séries sintáticas de mudanças climáticas

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

Cidade	Projeção	Iu	Ia	Ih	DEF	EXC	Classificação
Patos	(1)+1,5T +20%P	-36,89	61,48	0,00	1464,34	0,00	Semiárido
	(2)+1,5T -20%P	-44,59	74,32	0,00	1770,10	0,00	Árido
	(3)+3T +20%P	-42,11	70,19	0,00	2159,85	0,00	Árido
	(4)+3T -20%P	-48,08	80,13	0,00	2465,61	0,00	Árido

Elaboração: os autores (2020).

O índice de aridez, no cenário mais desfavorável (4) apresenta índice de aridez de 80%, com uma deficiência hídrica de 2,465 mm ao ano. Já no cenário 1, o mais favorável, o município apresenta evapotranspiração real de 917 mm e uma deficiência de 1464 mm, ou seja, há indicação de que não haverá recarga do lençol freático na região.

5. Considerações finais

A partir da análise dos elementos do balanço hídrico climatológico, foi possível notar a homogeneidade na alta deficiência hídrica em quase toda a região estudada, e no excedente hídrico nulo em 84% dos postos analisados. Tais resultados também foram observados quanto aos índices do balanço hídrico, especificamente quando analisado o índice de

umidade, utilizado para classificação climática, 38 dos 51 municípios foram classificados com clima semiárido. Contudo, o estudo também aponta que, durante o período, as localidades de Congo, Boqueirão, Boa Vista, Patos, Picuí, Cabaceiras e Barra de São Miguel apresentam clima árido.

No que diz respeito às séries de mudanças climáticas, dos cinco municípios estudados, os municípios de Patos, Monteiro e Souza apresentaram aumento contínuo da deficiência hídrica para todos os cenários levado em consideração, o que fica explícito na classificação climática onde tais localidades, no cenário mais desfavorável, são classificadas como clima árido, podendo indicar um agravamento da aridez da região quanto mais severas forem as mudanças climáticas.

Perante o exposto, cabe reflexões e discussões acerca das mudanças no clima e o seu impacto na sociedade, tendo em vista as incertezas inerentes ao estudo do clima futuro e, como o mesmo afetará a sociedade, especialmente o efeito sobre a população mais vulnerável. Os gestores precisam traçar estratégias e planos de mitigação robustos o suficiente para conseguir enfrentar, de maneira eficaz, qualquer cenário que

venha a se concretizar, do mais brando ao mais severo, tendo como embasamento para tais estratégias os diversos estudos sobre mudanças climáticas e seus impactos.

Referências

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R; SOUZA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Brasil, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

COUTINHO, M. D. L. *et al.* Balanço hídrico mensal para dois municípios do estado da Paraíba. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 160-170, 2015.

ESCARIÃO, R. D. *et al.* Influência do Modelo Hidrológico na Avaliação da Sensibilidade dos Recursos Hídricos a Cenários de Mudanças Climáticas em Região Semiárida. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 3, p. 81-91, Julho 2012.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p. IPCC, 2007.

Disponível em:

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf. Acesso em: 20 jul. 2019.

MAN, Y. C. *et al.* A intensificação do efeito estufa planetário e a posição dos países no cenário internacional. **Ra'e Ga - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, n. 5, p. 99-124, 2001.

MARENGO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. D. S., *et al.* **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 13, p. 383-416.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. (Eds.). **Economia da Mudança do Clima no Brasil: Custos e Oportunidades**. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.

MENDONÇA, F. Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias. **Terra Livre**, São Paulo, v. I, n. 20, p. 205-221, Julho 2003.

PBMC. PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao**

Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Organização de AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. Rio de Janeiro: Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2014.

PEREIRA, A. R. *et al.* **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
SUDENE. **Delimitação do semiárido.** Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 20 jul. 2019.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

PARTE III

RISCOS, VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

E DESASTRES HIDROCLIMÁTICOS

DESASTRES NATURAIS NO NORDESTE DO BRASIL: UM ENFOQUE SOBRE AS SECAS E ESTIAGENS

João Luís Sampaio Olímpio

No Brasil os desastres são situações históricas e contemporâneas, uma vez que sempre há comunidades enfrentando alguma extrema adversidade, produtora de alterações no modo vida, na organização da estrutura produtiva e na saúde dos sujeitos. Recentemente, o país passou por severas perdas. Em 2011, por exemplo, fortes chuvas e deslizamentos ocorridos na região serrana do estado do Rio Janeiro ocasionaram mais de mil mortes. Em 2015 e 2019, rompimentos de barragens para armazenamento de rejeitos na mineração destruíram várias cidades mineiras, ceifaram vidas e causaram impactos ambientais imensuráveis. No ano de 2020, a epidemia de COVID-19 está implicando em centenas de óbitos diários e em crises nacionais de ordens políticas e econômicas.

Entendemos por desastre a situação ocasionada por uma séria perturbação na funcionalidade de uma comunidade causando generalizadas perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais, as quais excedem a capacidade de lidar da entidade afetada (ISDR, 2004). Frequentemente, este estado é construído quando a integridade de uma comunidade é rompida a partir da manifestação de um fenômeno natural intenso (ROMERO; MARKREY, 1993).

No caso brasileiro, cada região possui desastres que são mais marcantes. No Nordeste as secas e as estiagem são os mais frequentes (UFSC, 2012). Estes fenômenos naturais são oriundos das condições climáticas regionais, todavia, os seus efeitos não o são, pois não é possível dissociar o fenômeno natural das repercussões na sociedade. Há, desta forma, uma face natural e outra humana que se imbricam (SOBRINHO, 1982), produzindo adversidades sobre à população.

1. A região Nordeste

O Nordeste é uma das cinco regiões geográficas em que o Brasil está oficialmente dividido. Localizado no extremo

nordeste da América do Sul (Figura 1), a região possui uma superfície de 1.456.142 km² e uma população de 53.081.950 habitantes, em 2010 (IBGE, 2020). Conseqüentemente, é a terceira maior região do país - inferior apenas ao Norte e ao Centro-oeste - e a segunda mais populosa, abrangendo 27,83% da população nacional.

Figura 1: Mapa de localização da região Nordeste do Brasil



Elaboração: o autor (2020).

Nesta região estão incluídos nove estados, os quais apresentam similaridades entre si, mas, sobretudo diferenças,

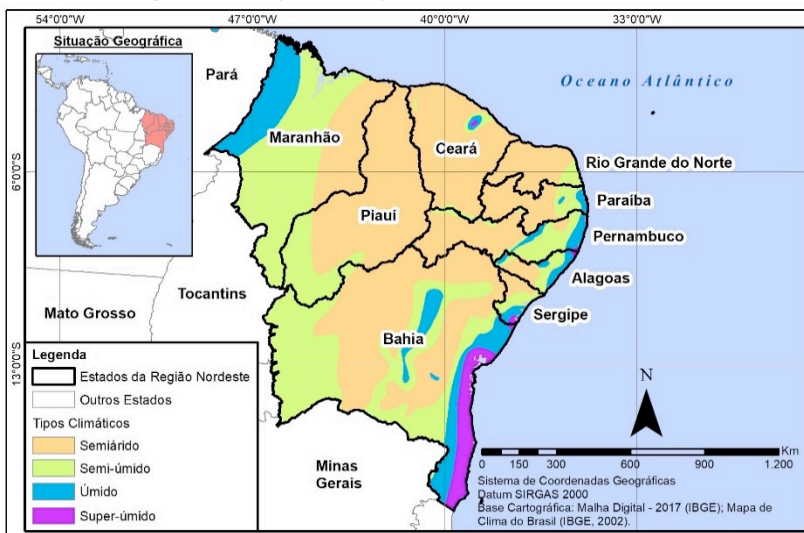
sejam relativas à diversidade de paisagens naturais e humanizadas, sejam devido às características da estrutura social e econômica ou das distinções étnico-culturais. Também possui três importantes regiões metropolitanas (Salvador, Recife e Fortaleza), que abrigam mais de três milhões de habitantes cada uma e com uma expressiva influência regional (ANDRADE, 2006). É justamente a diversidade de espaços geográficos que ocasiona a construção de distintos cenários socioambientais frente aos fenômenos climáticos das secas e estiagens.

Historicamente, a falta d'água é o principal fator para a desestruturação do sistema produtivo da região, com o consequente agravamento das condições econômicas e sociais. Com efeito, em vários anos as secas atingiram severamente a população nordestina, mas sobretudo aquelas mais vulneráveis, dizimando-as pela fome, sede e doenças.

No que concerne ao regime pluvial, o Nordeste possui quatro tipos climáticos, a saber: semiárido, semi-úmido, úmido e super-úmido (Figura 2) (IBGE, 2002). Essas diferenciações climáticas são resultantes do posicionamento e deslocamento dos sistemas atmosféricos atuantes em cada porção da região.

Todavia, em termos espaciais, predomina o regime semiárido. Grosso modo, a pluviosidade média anual é inferior a 800 mm, a sazonalidade é bem marcada pela compartimentação em duas estações pluviométricas: uma chuvosa, que ocorre no primeiro semestre e outra seca, no segundo. As temperaturas médias mensais são sempre elevadas (25°C a 29°C). As elevadas taxas de evapotranspiração implicando em déficit hídrico anual.

Figura 2: Mapa dos tipos climáticos do Nordeste



laboração: o autor (2020).

No entanto, a principal característica do clima semiárido é a sua alta variabilidade interanual, produzindo anos secos e muitos secos intercalados com anos chuvosos e muito chuvosos. A gênese deste comportamento está relacionada às anomalias na circulação de grande escala, notadamente às dinâmicas sobre os setores tropicais dos oceanos Atlântico e Pacífico (FERREIRA; MELLO, 2005).

De fato, o semiárido nordestino detém condicionantes naturais ao pleno desenvolvimento das atividades humanas. Não obstante, é a vulnerabilidade da população o principal fator gerador de crises, pois nem sempre os recursos para resistir, mitigar, recuperar-se e adaptar-se estão disponíveis. Tal realidade está mais presente nos grupos populacionais que congregam uma série de mazelas sociais, a exemplo da baixa escolaridade, a falta de infraestrutura urbana, a inacessibilidade aos recursos técnicos e financeiros pelos produtores agrícolas, o subemprego e o desemprego. Estas situações implicam em uma menor capacidade de lidar com eventos adversos, incluindo às secas, e limitam o aproveitamento das oportunidades para melhorar sua situação de bem-estar (KAZTMAN, 1999).

Este cenário é identificado ao observarmos alguns indicadores. Em 2010, o índice de Gini para a região era médio (0,530), todavia a desigualdade de renda nos espaços rurais era ainda pior (0,413). Além disso, entre os dez estados brasileiros com maior desigualdade de renda, cinco são nordestinos (Sergipe, Piauí, R. G. do Norte, Paraíba e Pernambuco) (IBGE, 2020). Do mesmo modo, o Índice de Desenvolvimento Humano demonstra que entre os dez menos desenvolvidos, sete estão no Nordeste (Alagoas, Maranhão, Piauí, Paraíba, Bahia, Sergipe e Pernambuco), todos na classe de IDH médio (0,600 a 0,699) (PNUD, 2013).

Portanto, há sobre o Nordeste uma sobreposição de um meio natural suscetível às adversidades climáticas e uma estrutura social, econômica e política que alarga as camadas mais vulneráveis da população. Deste modo, temos um palco propício ao surgimento de desastres.

2. Os desastres naturais do Nordeste

As primeiras menções aos impactos ocasionados por fenômenos naturais na região remetem há 1583, quando o jesuíta Fernão Cardim descreveu a situação da província de

Pernambuco durante a seca daquele ano. Nos anos seguintes, frequentemente, as secas e, em menor medida, as inundações, afetaram a organização social e econômica dos municípios nordestinos. Alguns episódios tomaram proporções calamitosas, como as secas de 1721-1727, 1736-1737, 1745-1746, 1777-1778, 1790-1793, 1877-1879, 1915, 1932, 1979-1985 (ALVES, 2003; STUDART, 2010; SUDENE, 1981).

Entretanto, é somente a partir de 2003, que o Poder Público passa a levantar de forma sistemática os impactos geradores de crises no país, a fim de subsidiar tecnicamente a liberação de recursos para os territórios em Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP).

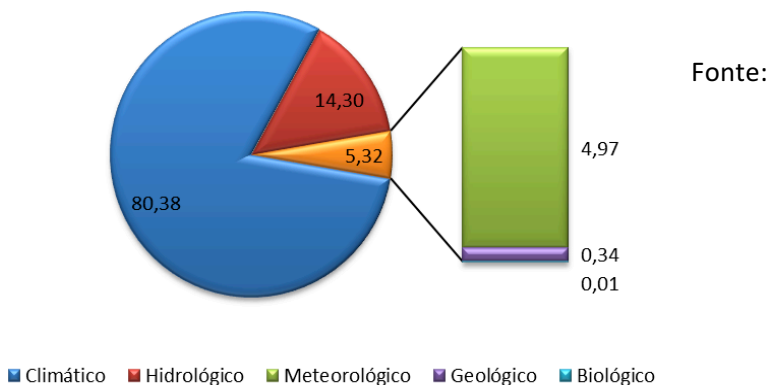
Com efeito, entre 2003 a 2014, a União publicou 12.884 Portarias reconhecendo a SE ou o ECP nos municípios do Nordeste motivadas por eventos de origem natural (SEDEC, 2015). Nós analisamos estes documentos. Para melhor compreensão dos desastres atuantes na região, retiramos do total de portarias aquelas emitidas para o mesmo município, para o mesmo ano e mesma tipologia de desastre. Assim, selecionamos 9.156 casos de situação de desastres naturais (OLÍMPIO, 2017). Constatamos que os desastres naturais

estiveram distribuídos em cinco grupos, são eles: climáticos, hidrológicos, meteorológicos, geológicos e biológicos (Figura 3).

Do montante selecionado, 80,38% dos casos foram impulsionados por fenômenos climáticos geradores de escassez hídrica (secas e estiagens), sendo, desta maneira, os eventos que afetaram com maior frequência e abrangência os municípios do Nordeste. Já os excessos pluviais deflagraram 19,15% dos casos e estão associados a fenômenos hidrológicos (inundações/enchentes, enxurradas, alagamentos e colapsos de barragem⁵) e à meteorológicos (chuvas intensas). Outros fenômenos meteorológicos ocorrentes (vendavais, granizo e ressacas) ocasionaram 0,12% dos registros. Também ocorreram episódios de origem geológica (deslizamento e erosão) (0,34%) e biológica (epidemia) (0,01%) (Figura 4).

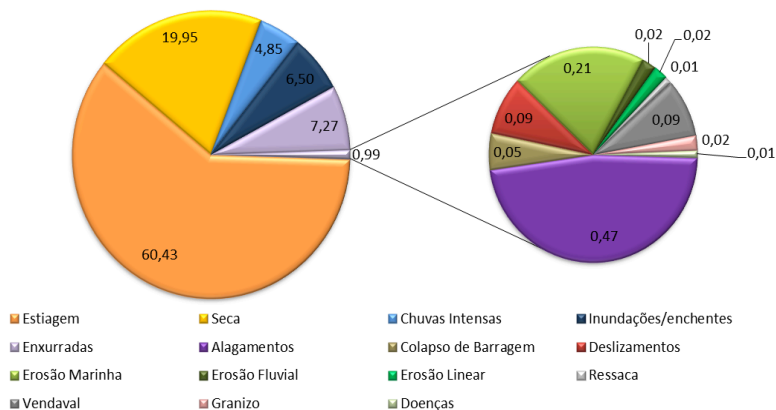
⁵ De acordo com o COBRADE, a classe de desastre “rompimento/colapso de barragens” é considerada como um desastre tecnológico. O autor concorda, mas neste trabalho eles foram considerados como hidrológicos, tendo em vista sua relação com os excessos pluviais, que são de origem natural.

Figura 3: Grupos de desastres naturais ocorrentes no Nordeste do Brasil



Olímpio (2017), baseado em dados da SEDEC (série histórica 2003 a 2014).

Figura 4: Frequência de desastres naturais, por tipologia, no Nordeste do Brasil

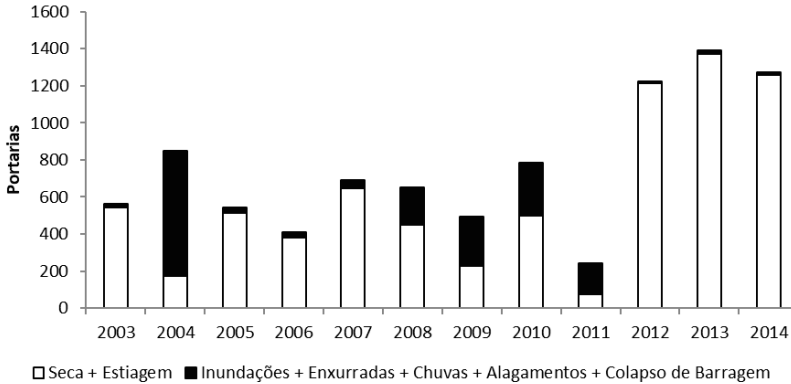


Fonte: Olímpio (2017), baseado em dados da SEDEC (série histórica 2003 a 2014).

Desta forma, os fenômenos oriundos da variabilidade pluvial são os principais deflagradores de desastres, especialmente as secas e as estiagens. Como demonstrado, esse comportamento é característico do semiárido, o que nos revela que as ações de adaptação ao meio habitado não existem ou são pouco eficientes, de modo que a capacidade de lidar com a problemática, em geral, é reduzida.

Ao longo do período analisado, os desastres naturais associados à escassez ou ao excesso hídrico sempre estiverem presentes, porém em quantidades discrepantes, em virtude do comportamento das precipitações em cada ano (Figura 5). Contudo, os episódios de secas e estiagens foram predominantes em dez anos. Apenas em 2004 e 2011 a quantidade de desastres por excesso hídrico foi superior.

Figura 5: Distribuição temporal de desastres associados ao clima no Nordeste do Brasil



Fonte: Olímpio (2017), baseado em dados da SEDEC (série histórica 2003 a 2014).

Para além da maior tendência do meio aos desvios negativos da pluviosidade, isto também está associado à abrangência espacial das secas e estiagens, como também ao tempo de atuação mais prolongado, se estendendo por vários meses e até anos. Estas características proporcionam impactos diretos e indiretos sobre um maior número de pessoas e territórios.

Entre os anos de 2012 a 2014, houve o maior número de reconhecimentos de situações de desastres para escassez hídrica. Em 2013, 74,2% dos municípios do Nordeste estavam

em crise por conta da falta de d'água, inclusive em territórios situados em áreas semi-úmidas.

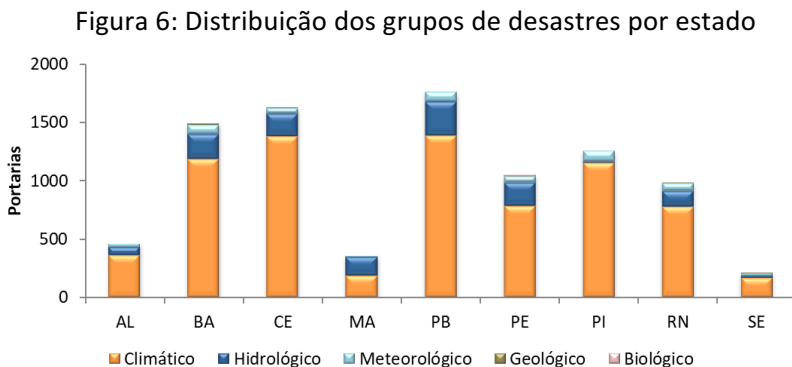
Corroborando com a afirmação o estudo realizado por Olímpio e Zanella (2015) no estado nordestino do Ceará. Eles identificaram que entre 2003 e 2013 as secas e estiagens ocasionaram 85,7% das decretações de crises, enquanto as inundações foram responsáveis por 14,0%.

Por seu turno, os eventos pluviais tendem a ocasionar episódios espacialmente mais restritos, porém com danos mais severos em um curto período de tempo. Normalmente, as chuvas excepcionais ocorrem no intervalo de poucas horas. Para a região Nordeste, Moura *et al.* (2016) levantaram as decretações de EPC entre 2003 e 2015 e constataram que 43,7% das ocorrências foram motivadas por desastres hidroclimatológicos, sendo a enxurrada a tipologia mais frequente (73,87%).

3. Distribuição estadual dos desastres naturais

Ao analisarmos a distribuição dos desastres por estado, constatamos que todos eles já estiveram em situação de crise

motivadas por fenômenos indutores de escassez hídrica como também para excesso hídrico (Figura 6).



Fonte: SEDEC (série histórica 2003 a 2014). Elaboração: o autor (2020).

Em termos absolutos, a Paraíba exibiu a maior quantidade de portarias para municípios impactados por fenômenos naturais adversos, considerando todas as tipologias. Em seguida, os estados do Ceará, Bahia, Piauí e Pernambuco foram, nesta ordem, os mais afetados. Todos atingiram mais de mil portarias para o acumulado dos anos avaliados.

Em todos os estados mais de 50% das declarações de crises foram impulsionadas por secas ou estiagens. Nos estados do Piauí, Ceará e Sergipe estes fenômenos representam 91,3%,

84,7% e 80,0% dos reconhecimentos, respectivamente. Em seguida, os desastres associados ao excesso hídrico foram os mais representativos em todos os estados. Os registros evidenciam que os estados da Paraíba, Bahia e Pernambuco apresentam maior sensibilidade, pois em conjunto abarcaram 54,0% dos desastres hidrológicos da região. Em termos relativos, 45,9% dos municípios do Maranhão decretaram crises motivadas por episódios de excesso hídrico.

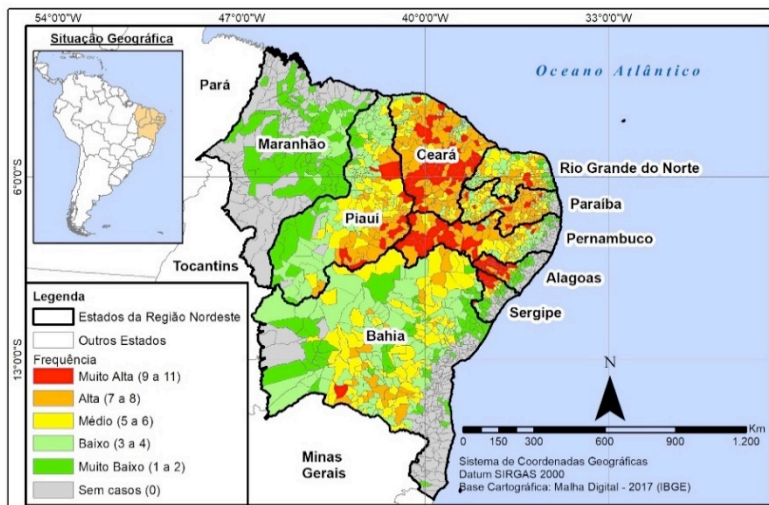
Os registros de secas e estiagens, segundo a frequência e ao nível municipal são presentes na Figura 7. Observamos que 22,6% dos municípios nunca decretaram ou obtiveram reconhecimento de crises. Neste cenário estão a maioria dos municípios situados no regime super-úmido e úmidos, além de cidades de menor vulnerabilidade, notadamente as capitais estaduais e regiões metropolitanas.

A classe de frequência “muito alta” (9 a 11 portarias) abrangeu 6,6% das ocorrências, enquanto a classe “alta” (7 a 8 portarias) obteve 17,67%. Apenas o estado do Maranhão não tem municípios nestas classes. Grosso modo, estes territórios estão concentrados na porção centro-norte da região, correspondendo ao núcleo do semiárido brasileiro, envolvendo

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

os sertões do Ceará, do sul e sudeste do Piauí, do centro-oeste da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe.

Figura 7: Mapa de frequência de desastres de secas/estiagens no Nordeste do Brasil



Elaboração: o autor (2020). Adaptado de Olímpio (2017).

Diante do exposto, consideramos que a região Nordeste do Brasil é fortemente vulnerável à variabilidade do clima, sobretudo aos desvios negativos da pluviosidade. Existe um quadro que mesmo considerando os avanços políticos, institucionais e tecnológicos ainda não permite a redução do risco às secas. De fato, a população mais vulnerável está à

margem das amenidades que possibilitariam a convivência com o risco inerente ao meio em que vivem.

Referências

ALVES, J. **História das secas** (séculos XVII a XIX), Edição Fac-Similar 1953. Fortaleza: Fundação Waldemar de Alcântara, 2003.

ANDRADE, M. C. Sertão ou Sertões: uma homenagem a Euclides da Cunha. *In*: SILVA, J. B; DANTAS, E. W. C; ZANELLA, M. E. MEIRELES, A. J. A. (Org.). **Litoral e Sertão**: natureza e sociedade no nordeste brasileiro: Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p.13-44.

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**, Curitiba, PR, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Mapa de Clima do Brasil. Escala 1: 5.000.000, IBGE, 2002.

Disponível em:

ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf. Acesso em: 24 dez. 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Censo Demográfico 2010. Disponível em:

<https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2020.

ISDR. INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION.

Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives.

Geneva: UN/ISDR, 2004.

KAZTMAN, R. (Coord.). **Activos y estructuras de oportunidades.**

Estudios sobre las raíces de la vulnerabilidad social en el Uruguay. Oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Oficina de la CEPAL, Montevideo, LC/MVD/R, 1999.

MOURA, M. O *et al.* Desastres hidrometeorológicos na região Nordeste do Brasil: distribuição espaço – temporal dos reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, MG, v. 26, p. 259 -271, 2016.

OLÍMPIO, J. L. S. **Análise Multicritério do Risco de Desastre**

Naturais: um estudo sobre a seca na região Nordeste do Brasil.

Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará- UFC, Fortaleza, 2017.

OLÍMPIO, J. L. S; ZANELLA, M. L. Distribuição espaço-temporal dos desastres naturais associados à dinâmica climática do estado do Ceará. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 30, p. 110-131, 2015.

PNUD. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil**. 2013. Disponível em: www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-uf-2010.html. Acesso em: 15 abr. 2020.

ROMERO, G; MASKREY, A. Cómo entender los desastres naturales. In: MASKREY, A. (Comp.). **Los Desastres no son Naturales**. La Red/ITDG, Colombia, p. 1-7, 1993.

SEDEC. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID**. Disponível em: s2id.mi.gov.br/. Acesso em: 01 mai. 2015.

SOBRINHO, T. P. **História das Secas (Século XX)**. 2 ed. Mossoró: Coleção Mossoroense, 1982.

STUDART, G. **Geografia do Ceará**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2010.

SUDENE. SUPERINTÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **As secas do Nordeste**: uma abordagem histórica de

causa e efeito. Recife: Departamento de Recursos Naturais, 1981.

UFSC. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. Florianópolis: CEPED, UFSC, 2012.

IMPACTOS HIDROMETEÓRICOS NO ESPAÇO URBANO DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA

Natieli Tenório da Silva
Camila Cunico
Marcelo de Oliveira Moura

1. Palavras iniciais

A cidade de João Pessoa, ao ser inserida no contexto da urbanização e verticalização, tem sido acometida com a descaracterização e degradação do seu meio físico-natural, da subtração das áreas verdes e da impermeabilização do solo. Os problemas acabam sendo ampliados, mediante à ocupação populacional em ambientes instáveis, do ponto de vista natural, como encostas íngremes, margens de rios e lagos, consideradas áreas de risco ambiental, as quais se constituem como lugares menos adequados à habitabilidade.

Desse modo, cabe observar que as ocorrências das precipitações ao serem concretizadas, “podem ser entendidas como impactos, os quais pressupõem consequências calamitosas, ataque à integridade da cidade, perturbação nas

formas de circulação e comunicação internas e de ligação externa” (MONTEIRO, 2003).

De encontro a isto, Zanella e Moura (2013) afirmam que a investigação dos impactos pluviais e suas repercussões nos espaços urbanos, ampliaram-se a partir da década de 1990, sob a perspectiva do Sistema Clima Urbano (S.C.U), por meio do nível de resolução do Subsistema Hidrometeorológico, já que as cidades passaram a ter sérios problemas relacionados aos impactos gerados pelos eventos pluviométricos extremos.

Diante disso, faz-se necessário observar que, os estudos dos impactos pluviais têm-se tornado objeto de análise da ciência geográfica, e que, recorrentemente, tornam-se principal fonte de abordagens jornalísticas, veiculadas nos diversos meios eletrônicos e impressos de João Pessoa, especialmente, durante o período entre fevereiro e agosto, ou seja, entre a pré-estação chuvosa e a estação chuvosa, cujo índice pluviométrico, apresenta os maiores registros, e conseqüentemente o maior número de ocorrências.

Cabe apontar que os impactos hidrometeorológicos que serão abordados aqui, tratam-se da ocorrência de alagamentos, inundações e deslizamentos.

De acordo com Amaral e Ribeiro (2009), entende-se os alagamentos como o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem. Já as inundações consistem no transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. Já os deslizamentos, segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), vigente na Instrução Normativa nº01, de 24 de agosto de 2012 do Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2012), são definidos como os movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude.

Para tanto, este capítulo tem como objetivo analisar a distribuição espaço-temporal dos impactos hidrometeorológicos na cidade de João Pessoa entre os anos de 1983 a 2016.

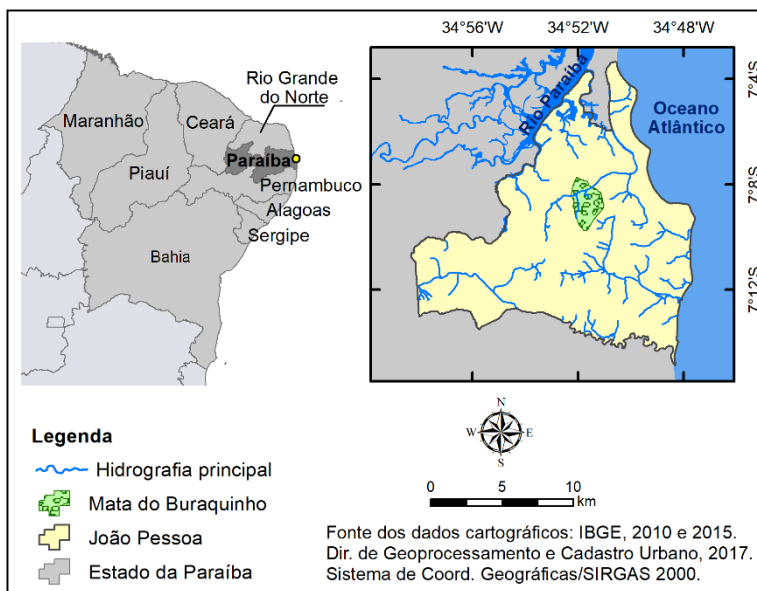
2. Área de estudo

A cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, se localiza na porção leste do referido estado, na região

Nordeste do Brasil, está inserido na Região Imediata de João Pessoa e na Região Intermediária homônima.

Sendo economicamente a cidade mais importante e a mais populosa do estado, tendo contabilizado, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), uma população estimada de 809.015 habitantes, a qual se distribui espacialmente por 64 bairros, numa área total de 211,5 km² (Figura 1).

Figura 1: Localização da cidade de João Pessoa-PB



Elaboração: os autores (2020).

De acordo com a classificação climática proposta por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o tipo climático da área de estudo corresponde ao Clima Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental, que se caracteriza como clima quente e úmido, o qual se diferencia dos climas mais secos do interior da região, devido à sua localização geográfica, as massas de ar e os sistemas atmosféricos atuantes são oriundos do oceano Atlântico, o que contribui para que a distribuição das chuvas na área de estudo, apresente alta variabilidade interanual.

3. Sobre as informações utilizadas

As informações obtidas acerca da pluviosidade entre 1983 a 2016 se deu junto à Estação Meteorológica da cidade, disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMET) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (BDMET/INMET, 2017), a partir dos quais extraiu-se a média histórica, bem como quantificou-se os eventos extremos, cujos limiares se basearam nas pesquisas desenvolvidas por Zanella, Sales e Abreu (2009), Cavalcanti (2009), Zanella (2014) e Silva (2018).

No que tange aos registros de impactos hidrometeoricos na cidade de João Pessoa, para o período de 1983 a 2016, provocados pelas chuvas, se deram através das matérias jornalísticas registradas no jornal *A União*, que se encontram arquivados nos acervos do Arquivo Histórico Waldemar Bispo Duarte, da Fundação Espaço Cultural José Lins do Rego (FUNESC) e do Instituto Histórico e Geográfico Paraibano (IHGP).

A eleição do jornal *A União*, se deu mediante consulta prévia no catálogo dos referidos acervos, o qual indicava quais periódicos contemplava a série temporal eleita, sendo observado que o jornal supracitado era o único que continha os periódicos necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

A partir disso, verificou-se em escala diária, o total de 34 anos de registros junto ao jornal, o que corresponde a um quantitativo mínimo de 12.410 matérias jornalísticas, através das quais foram identificados os tipos de impactos hidrometeoricos, sua quantidade, bem como a localização da ocorrência.

4. Eventos excepcionais de chuva e os impactos gerados

A Tabela 1 mostra o volume pluviométrico anual e os eventos, iguais ou superiores a 100mm/dia, registrados na cidade entre os anos de 1983 a 2016.

Tabela 1: Total pluviométrico anual e número de eventos iguais ou superiores a 100,0 mm/dia em João Pessoa, 1983 a 2016

Anos	Total (mm)	Nº de eventos	Anos	Total (mm)	Nº de eventos
1983	1193,7	0	2000	2439,9	1
1984	2277,6	1	2001	1178,5	0
1985	3085,6	4	2002	2003,1	0
1986	2277,4	3	2003	2108,4	2
1987	1965,5	2	2004	2229,6	1
1988	1796,1	1	2005	1940,7	1
1989	2090,5	2	2006	1178,3	0
1990	2228,4	2	2007	2003,9	1
1991	1584,7	0	2008	2254,5	1
1992	1629,1	1	2009	2544,5	4
1993	1149,9	0	2010	1321	0
1994	2721,3	1	2011	2414	2
1995	1695,3	1	2012	1668,6	5
1996	2350,7	2	2013	2174,7	4
1997	1577,5	0	2014	1508,1	0
1998	1270,1	1	2015	1559,3	0
1999	1017,3	0	2016	1609,2	3
Total				46	

Fonte: Estação Meteorológica de João Pessoa (INMET, 2018).
Organização: Silva (2018).

A precipitação média para o período equivale a 1883,75mm. Verificou-se que o ano de 2012, registrou o maior número de eventos, seguido dos anos de 1985, 2009 e 2013, com a ocorrência de quatro eventos cada.

A Tabela 2 mostra a quantidade de ocorrências de impactos a partir do levantamento das matérias jornalísticas entre os anos de 1983 a 2016.

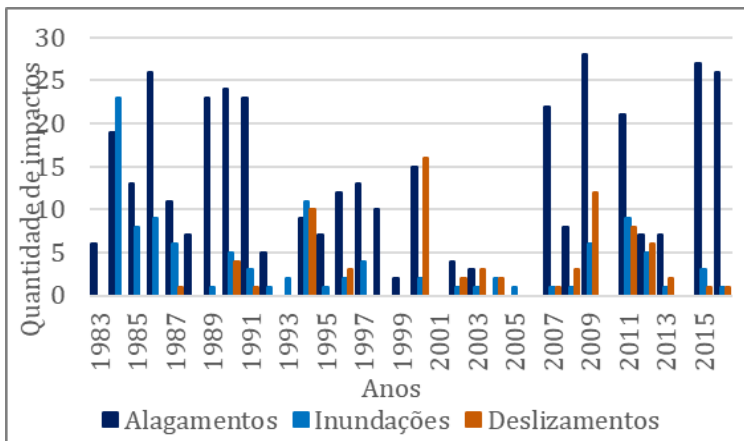
Tabela 2: Total de impactos hidrometeorológicos identificados na cidade de João Pessoa, 1983 a 2016

Tipo	Quantidade de ocorrências	%
Alagamentos	378	67,02
Deslizamentos	110	19,50
Inundação	76	13,48
Total de impactos	564	100

Fonte: Jornal A União (1983 – 2016). Organização: Silva (2018).

Foram contabilizados o total de 564 impactos, do tipo alagamento, inundação e deslizamento. Sendo o alagamento, o impacto que apresentou o maior registro. Quanto ao registro anual dos impactos hidrometeorológicos por tipo (Figura 2), identificou-se que os anos que apresentaram os maiores registros de alagamentos foram os anos de 1986, 2009, 2015 e 2016, respectivamente, 26, 28, 27 e 26 ocorrências cada.

Figura 2: Total anual de impactos por tipo na cidade de João Pessoa, 1983-2016

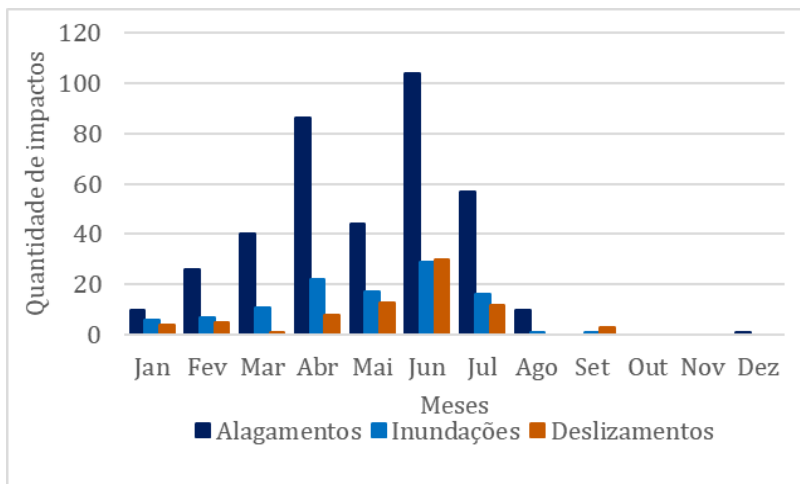


Fonte: Jornal A União (1983 – 2016). Organização: Silva (2018).

No que diz respeito às inundações, o ano de 1984 registrou o total de 23 ocorrências, sendo o maior para esse tipo de impacto. Quanto aos deslizamentos, os anos de 1994, 2000 e 2009, registraram, nessa ordem, 10, 16 e 12 ocorrências. Cabe ressaltar que, 50% dos anos não registraram um impacto do tipo deslizamento.

Com relação à quantificação do total de impactos por mês, e por tipo, como mostrado na Figura 3, observa-se que entre os meses de março a julho, ocorreram os maiores registros, com exceção do mês de março, no que tange a ocorrência do tipo de impacto deslizamento.

Figura 3: Total mensal de impactos por tipo na cidade de João Pessoa, 1983-2016



Fonte: Jornal A União (1983 – 2016). Organização: Silva (2018).

O acúmulo registrado entre os meses de março a julho, para o impacto do tipo alagamento, corresponde a 87,57% do total; para os registros de inundação, 86,36% do total e 82,89% para o total de deslizamentos. De igual modo, os dois meses que registraram os maiores quantitativos da série, para a ocorrência de alagamentos e inundações, foram junho e abril, representando nessa ordem, 104 e 86 ocorrências dos alagamentos; inundações 29 e 22 ocorrências cada, enquanto que os meses mais representativos para a ocorrência dos

deslizamentos, consistiram em junho e maio, respectivamente, 30 e 13 ocorrências cada.

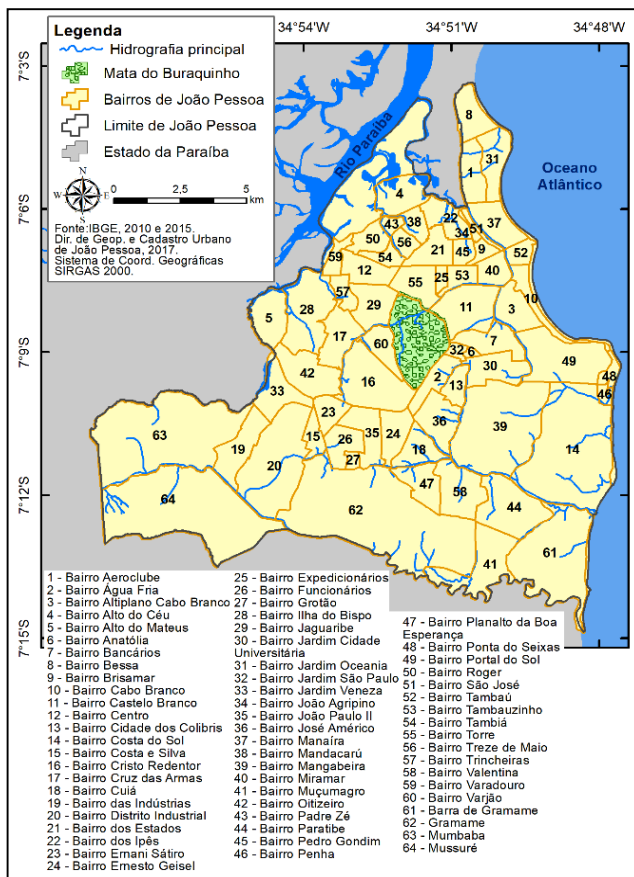
A partir da quantificação e identificação dos registros dos impactos hidrometeorológicos, buscou-se espacializá-los. Diante disso, verificou-se que dos 64 bairros existentes (Figura 4), 73,02% registraram no mínimo um impacto hidrometeorológico. Com isso, identificou-se que 22,22% dos bairros foram atingidos pelos três impactos. Com relação aos bairros que foram atingidos apenas pelo tipo de impacto alagamento corresponderam a 11 bairros; do tipo inundação atingiu 5 bairros; quanto aos bairros impactados somente por deslizamento inexistem.

Foram espacializados apenas 538 ocorrências, devido à inexistência de informações espaciais em algumas matérias jornalísticas. Com esse quantitativo, 68,40% dos bairros, foram atingidos por alagamentos; 18,96% por inundações; e 12,64% por deslizamentos.

Ao observar as Figuras 4 e 5, referente aos bairros da cidade e a espacialização dos impactos, respectivamente, constata-se que os bairros da Torre e do Centro, obtiveram os

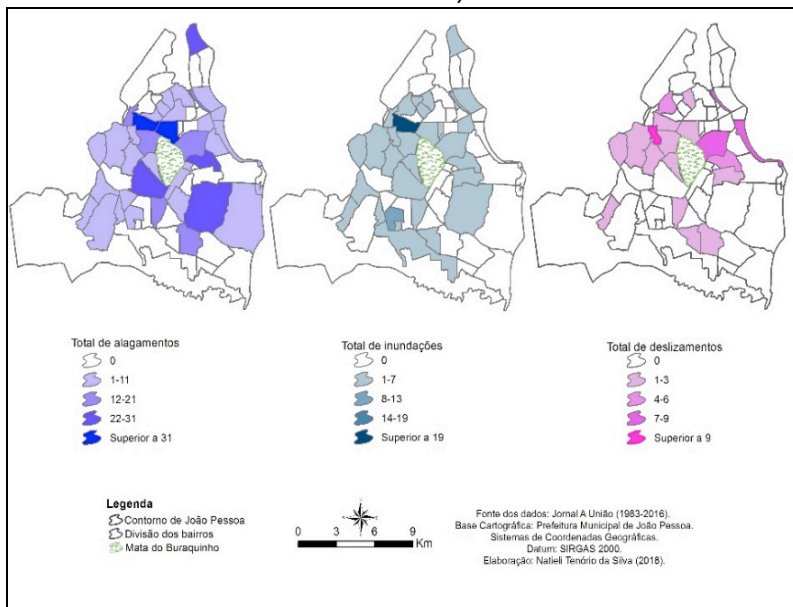
maiores registros, totalizando, respectivamente, 47 e 33 eventos, ou seja, 21,74% do total de registros.

Figura 4: Mapa de localização dos bairros de João Pessoa



Fonte: Silva (2018).

Figura 5: Mapa de espacialização dos impactos hidrometeorológicos da cidade de João Pessoa, 1983 a 2016



Fonte: Jornal A União (1983 – 2016). Organização: Silva (2018).

Os principais pontos atingidos no bairro da Torre, foram: as Avenidas Ruy Barbosa, Dom Pedro II, Epitácio Pessoa (em frente ao Colégio das Lourdinhas) e a Ministro José Américo de Almeida. No bairro do Centro, as ocorrências se deram em frente à Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU). Já o segundo maior número de registros de alagamentos se

concentra nos bairros do Cristo Redentor (31 registros), Bancários e Mangabeira (30 registros, cada) e Bessa (24 registros).

No que tange à identificação e espacialização dos impactos do tipo inundações, observou-se que 50,79% dos bairros foram atingidos por esse tipo de impacto. Destes, o bairro do Centro se destaca, novamente, pois contabilizou o maior quantitativo da série, com o total de 25 registros de inundações, seguido do bairro dos Funcionários, cujo registro corresponde a 11 ocorrências. Os bairros do Castelo Branco, São José e Torre, registraram, nessa ordem, 7, 6 e 5 ocorrências cada. Cabe ressaltar que o bairro do Centro, os registros se deram comumente no Parque Sólon de Lucena.

No que diz respeito à espacialização dos impactos do tipo deslizamentos, verifica-se que 30,16% do total dos bairros foram atingidos por esse tipo de impacto. Do total de 68 deslizamentos registrados, o bairro das Trincheiras, foi o bairro mais impactado com 13 registros; seguido do Castelo Branco, com o registro de 9 eventos; os bairros do Cabo Branco e São José, registraram 8 eventos cada; o bairro dos Bancários, registrou 5 eventos; bairro do Róger 4 eventos, Jaguaribe e

Varjão, 3 registros cada; Alto do Mateus, Ernesto Geisel, Ilha do Bispo e Torre, registraram 2 ocorrências cada um, seguido pelos bairros do Centro, Cruz das Armas, Indústrias, Jardim Cidade Universitária, Mandacaru, Planalto da Boa Esperança e Valentina de Figueiredo, apontando a ocorrência de apenas 1 registro cada.

Diante do exposto, chama-se atenção para a soma total de ocorrências dos impactos de alagamento, inundações e deslizamentos, identificadas nos bairros do Centro (59 registros), Torre (54 registros), Bancários (38 registros), Castelo Branco (28 registros), São José (26 registros) e Ernesto Geisel (25 registros).

Considerando esses quantitativos, pode-se atribuir a uma maior ocorrência de alagamentos, seguido de inundações, as condições de captação da água pluvial e também do relevo do sítio urbano de João Pessoa, pois de acordo com Barbosa (2015) e Silva (2018), a referida cidade, apresenta predominantemente um relevo plano. E em menor grau, declividade mais acentuada, a qual caracteriza-se pela ocorrência de deslizamentos e processos erosivos mais intensificados.

Além do mais, a predominância do impacto alagamento, também pode ser atribuída, às condições estruturais que a cidade apresenta como a falta de um sistema de drenagem eficiente, que somado ao elevado número de vias impermeabilizadas, aumentou-se o escoamento superficial das águas pluviais, a uma quantidade insuficiente de galerias pluviais distribuídas na área territorial, como também, a uma possível cultura de parte da população ao descartar resíduos sólidos em vias públicas, contribuindo para possíveis entupimentos das que existem.

Quanto ao impacto do tipo inundação, pode estar atrelado à ocupação habitacional irregular e desordenada, além das condições de alta privação socioeconômica da população residente nas áreas próximas às margens dos rios, conhecidas como áreas de várzea. Soma-se a isso a degradação/poluição das águas e a retirada da mata ciliar das margens dos rios, provocando assoreamento.

No que tange ao impacto do tipo deslizamento e seus danos associados, pode se dá devido ao encharcamento do solo, podendo ser acelerado, sobretudo, pela ocupação irregular e pelo elevado grau de risco social da população

residente nas encostas íngremes, além da retirada de vegetação nesses locais.

5. Palavras finais

Os impactos hidrometeorológicos deflagrados na cidade de João Pessoa têm ocorrido com mais frequência no período chuvoso e nos meses da pré-estação chuvosa, atingindo populações e/ou bairros de maneira diferenciada.

De forma geral, as localidades mais atingidas pelos impactos, encontram-se inseridas numa condição baixa a muito alta vulnerabilidade socioambiental, segundo levantamento realizado por Silva (2018). Implica dizer que, alguns dos bairros, como São José, Castelo Branco, Cabo Branco, Bancários, Jaguaribe, Trincheiras, Funcionários, Cruz das Armas, Jardim Veneza, tiveram perdas materiais e humanas, desde objetos danificados ao registro de pessoas desabrigadas, feridas e mortas. Esses danos, muito provavelmente atingiram a população mais pobre desses bairros, em especial aquelas residentes em áreas de alto risco a inundação e deslizamento.

A quantificação e a espacialização dos impactos hidrometeorológicos apresentados neste capítulo foi uma forma singela de revelar a contribuição que os estudos climáticos podem gerar para o planejamento e a gestão dos riscos de desastres hidroclimáticos nos espaços urbanos. O gerenciamento desses riscos é pauta necessária à agenda dos gestores públicos. Para além de um gerenciamento técnico e vertical, a gestão dos riscos de desastres deve englobar a participação social, sobretudo, com ações de gestão comunitária em territórios de alto risco ambiental/climático com a colaboração efetiva de sujeitos sociais vulneráveis a exposição desses riscos.

Referências

AMARAL, R; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. *In*: TOMINAGA, L. K., SANTORO, J. e AMARAL, R. (org). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 39-52.

BDMEP. INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Instituto Nacional de Meteorologia** 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep><http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep>

met.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep. Acesso em: fev. 2017.

BARBOSA. T. S. **Geomorfologia Urbana e Mapeamento Geomorfológico do Município de João Pessoa – PB, Brasil.** 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Instrução Normativa nº 01, de 24 de Agosto de 2012 do Ministério da Integração Nacional,** 2012. Disponível em: http://www.mi.gov.br/documents/10157/3776390/Instru_Normativa_01.pdf/8634a6e3-78cc-422a-aa1d-7312ce7f1055. Acesso em: out. 2017.

CAVALCANTI, A. S. **Avaliação de padrões atmosféricos associados à ocorrência de chuvas extremas no litoral da região Nordeste do Brasil:** aspectos numéricos na previsão operacional do tempo. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **João Pessoa.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>. Acesso em: mar. 2020.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.206p.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. *In*: **Clima Urbano**. MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. (Org). São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

SILVA, N. T. **As chuvas no município de João Pessoa**: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental. 2018. 133f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia: Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

ZANELA, M. E. **Inundações em Curitiba**: impactos, risco e vulnerabilidade socioambiental. 2. ed. Fortaleza: Editora da UFC, 2014. 197p.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. O clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, p. 75-89, 2013.

ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L.; ABREU, N. J. A análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza - CE. **GEOUSP**- Espaço e Tempo, São Paulo, n. 25, p. 53-68, 2009.

AÇÃO POPULAR E GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES NA CIDADE DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA

*Marcelo de Oliveira Moura
Diêgo Alan Mangueira da Silva
Camila Cunico*

1. Linhas iniciais para uma ação

No Nordeste do Brasil, os desastres naturais do tipo inundações deflagrados por eventos excepcionais de chuva já foram registrados em cidades litorâneas da Zona da Mata, setor leste da região, a exemplo de João Pessoa, Recife, Olinda e Maceió. Nessas cidades os eventos excepcionais de chuva deflagram da mesma forma, desastres do tipo deslizamento e alagamento.

Os danos (humanos, materiais e ambientais) e os prejuízos econômicos gerados pelos desastres ambientais tem consequência direta para a população urbana mais pobre, pois essa, em sua maioria, ocupa áreas instáveis do ponto de vista

natural na cidade, considerada áreas de risco ambiental, como também em virtude de o alto risco social dessa população, gerando assim, situação de alta vulnerabilidade socioambiental cada vez mais presente nos territórios das cidades brasileiras.

Para a cidade de João Pessoa as pesquisas realizadas pelos integrantes do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) do Departamento de Geociências – CCEN/UFPB já revelaram a gênese das chuvas e o histórico dos eventos excepcionais de precipitação diária, além dos principais impactos gerados no espaço urbano. As produções podem ser consultadas na página do Laboratório <https://www.ufpb.br/climageo> .

As produções feitas no campo da pesquisa revelaram muitas informações que ganharam relevo no plano da gestão dos riscos ambientais, em especial, com ações de Redução de Riscos de Desastres (RRD) em uma comunidade pobre da cidade de João Pessoa inserida em um território de alto risco a inundação. Assim, as ações foram desenvolvidas de forma participativa e horizontal com os moradores da comunidade Tito Silva localizada no bairro Miramar.

A coexistência de alto risco ambiental e social presente no território da comunidade Tito Silva foi determinante para classificá-la numa condição de alta vulnerabilidade socioambiental, conforme mapeamento oriundo de uma pesquisa de dissertação de mestrado realizada no CLIMAGEO no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da UFPB intitulada: *“As chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e a vulnerabilidade socioambiental”* de Silva (2018).

A ação dos moradores da Tito Silva para a gestão local do risco a inundações foram desenvolvidas no âmbito do projeto: *“Participação comunitária para ações de Redução de Riscos de Desastres (RRD) em territórios de alta vulnerabilidade socioambiental no município de João Pessoa”*, em atendimento ao Edital Nº 02/2018 da Pró - Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da UFPB.

O desfecho conceitual basilar para a compreensão das ações de RRD é a noção de vulnerabilidade socioambiental definida por Alves (2006, p. 43) como sendo “a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais muito pobres e com alta privação e áreas de risco ou degradação ambiental”.

Neste sentido, é justamente a combinação destas duas dimensões que se configura a vulnerabilidade socioambiental.

Em termos de movimento político/ambiental mundial as estratégias de mobilização popular para ações de RRD são fundamentadas nas metas estabelecidas pelo Marco de Sendai (UNISDR, 2015). O Marco foi estabelecido na III Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Redução do Risco de Desastres, em Sendai, no Japão. Entre as metas do Marco destaca-se a redução substancial do risco de desastres através do fortalecimento da gestão para o período de 2015 a 2030. Alinhado a esse movimento, Furtado (2015) enfatiza o papel da ação popular nas ações de RRD:

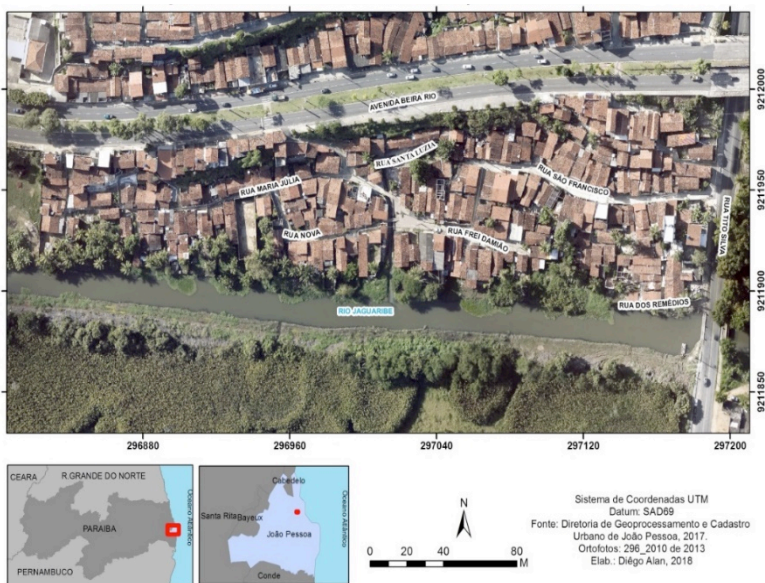
A participação social é um caminho para que as ações de RRD sejam eficazes e permanentes, para que possamos não apenas enfrentar os desastres quando ocorrerem, mas, fundamentalmente, reduzir riscos e vulnerabilidade, promovendo maior qualidade de vida. Afinal, são as pessoas nas suas comunidades as primeiras a enfrentar os desastres e a conviver com os riscos cotidianamente, e também são elas que desenvolvem qualquer ação prevista pelas políticas e pelos planejamentos dos

diferentes setores governamentais.
(FURTADO, 2015, p. 26).

2. A comunidade e o planejamento das ações

A comunidade Tito Silva se situa às margens do rio Jaguaribe, no seu médio curso, no bairro Miramar no município de João Pessoa/PB (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da comunidade Tito Silva



Elaboração: os autores (2018)

A comunidade surge nos anos 1960 com a chegada dos primeiros moradores, em grande parte oriundos de outros municípios da Paraíba. Segundo as informações do IBGE (2011), a nível de setor censitário, a comunidade possui 830 habitantes e um total de responsáveis analfabetos de 72 pessoas, além disso o rendimento médio mensal dos moradores é de R\$ 432, 24.⁶

O acúmulo de lixo e o seu despejo no rio Jaguaribe é indicado pelos moradores como a principal causa para a ocorrência de inundação e de alagamento na comunidade, somado a falta de dragagem (retirada “da pasta” do rio no setor da ponte da Av. Tito Silva) no mês de janeiro, início das primeiras chuvas na cidade.

As ações de RRD na Tito Silva foram desenvolvidas com as lideranças comunitárias, aqui denominados de sujeitos sociais, isto é, o público-alvo das ações. Esse público foi formado por um grupo de 9 pessoas adultas e idosas, predominantemente de homens, que participavam da gestão do Centro de Integração e Cidadania São Francisco de Assis (CEIFA). O grupo era formado por três idosos do sexo

⁶ O salário mínimo no ano de 2010 era de R\$510,00.

masculino, os quais eram analfabetos e um apresentava necessidade física de locomoção, além de seis adultos; um do sexo feminino e cinco do sexo masculino, entre eles um com dificuldade de locomoção física. Além disso, o grupo apresentava diversidade quanto aos aspectos políticos e religiosos.

Em termos operacionais e conceituais, as ações de RRD com os sujeitos sociais foram planejadas com base nas sugestões de Souza e Zanella (2010), UNISDR (2015) e Furtado (2015). As etapas de execução das ações foram realizadas entre os meses de abril e dezembro do ano de 2018, foram elas: 1) identificação das necessidades e caracterização do contexto de intervenção; 2) sensibilização e capacitação dos sujeitos sociais e 3) produção de ferramentas de gestão comunitária de redução de riscos de desastres.

3. Contexto comunitário e aproximações

Para Furtado (2015, p. 46) a contextualização é importante para identificar as demandas e necessidades das comunidades ou do público-alvo, para se aproximar das

pessoas e organizar as prioridades das ações. Os principais resultados dessa ação foram:

1) trabalho de campo realizado no dia 11/04/2018 para o conhecimento e a identificação do contexto socioambiental da comunidade, bem como para o estabelecimento do primeiro contato com a população, o qual se deu através do vice-presidente da associação dos moradores;

2) realização de um encontro no dia 20/04/2018 para apresentar as propostas do projeto e formalizar as ações na comunidade. Como principal estratégia de comunicação distribuiu-se uma cartilha no formato impresso e colorido entre os participantes, com base nesse material foi possível mediar um diálogo inicial sobre a temática dos riscos ambientais. Nesse encontro também foi acordado que as ações se realizariam no prédio da associação dos moradores (CEIFA) no turno da noite entre 19 e 21:30 horas;

3) trabalho de campo com aplicação de questionários realizado no dia 07/05/2018 com o intuito de investigar o grau de percepção de riscos de desastres e de adaptação aos riscos dos moradores. O questionário foi aplicado com 20 moradores, os quais residem em diferentes ruas e vielas da comunidade. O

modelo de questionário foi sugerido pelos autores Souza e Zanella (2010) e já foi aplicado em comunidades localizadas em Juiz de Fora/MG, Fortaleza/CE, Maranguape/CE e Natal/RN;

4) realização de um encontro com os sujeitos sociais no dia 14/08/2018 para a apresentação e discussão dos resultados obtidos com o levantamento dos questionários. Essa ação permitiu um debate coletivo e mais vertical sobre a problemática dos riscos ambientais vivenciados na comunidade.

4. Sensibilização e capacitação dos sujeitos sociais

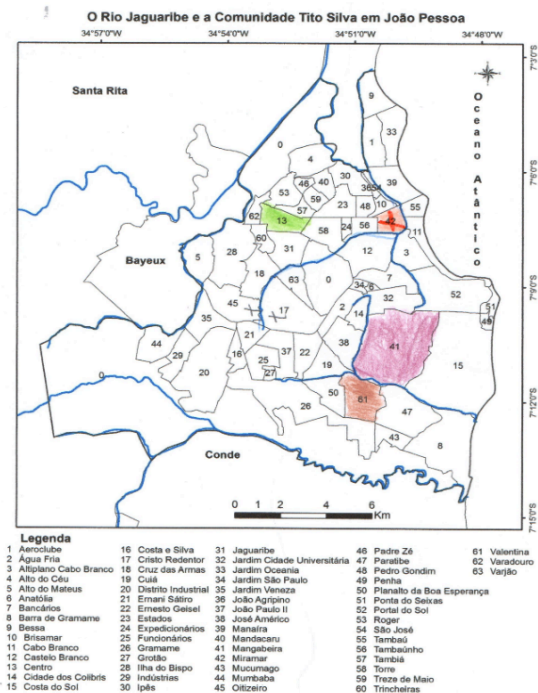
De acordo com Furtado (2015) essa etapa consiste na produção coletiva de conhecimento sobre RRD e sobre as vulnerabilidades diante dos riscos vivenciados/percebidos pela comunidade. Para tanto, foram realizadas duas oficinas:

1) *Oficina de conceitos, calendário de desastres e perfil histórico comunitário*, realizada no dia 28/08/2018. Nessa oficina os participantes foram divididos em dois grupos para realização de uma atividade com colagem de texto e imagens em papel cartolina. A meta foi trabalhar as noções básicas de risco ambiental e social, de vulnerabilidade e de desastres

naturais no formato de fluxograma. Também nessa oficina houve a confecção do calendário de desastres (meses que mais ocorrem desastres na comunidade), além do perfil histórico da comunidade associado aos principais episódios de inundação e seus desmembramentos locais;

2) *Oficina Mapa Zonas de Riscos a Inundação (versão preliminar)*, dia 11/11/2018. No primeiro momento da oficina foi trabalhado noções básicas de cartografia e de localização geográfica através da coloração de mapas mudos em diferentes escalas. Os participantes tiveram a oportunidade de localizar o estado da Paraíba no Brasil e na região Nordeste, posteriormente localizaram o município de João Pessoa na Paraíba e os municípios de sua origem familiar. Em outro momento utilizou-se do mapa mudo dos bairros de João Pessoa com a localização dos principais rios para a identificação da comunidade no bairro Miramar no curso médio do rio Jaguaribe, além do reconhecimento de outros bairros da cidade (Figura 2).

Figura 2: Atividade de localização da comunidade realizada por uma moradora



A culminância da oficina ocorreu com o uso de uma imagem de satélite com recorte/contorno da comunidade em tamanho A3. Os participantes sobrepuseram papel manteiga transparente a imagem com a finalidade de identificar as fronteiras da comunidade, o rio, as principais vias de acesso, as ruas e vielas da comunidade, os equipamentos simbólicos e suas residências. Com essas informações e com o

conhecimento construído nos encontros, os participantes delimitaram de forma preliminar três zonas de risco a inundação na comunidade: Zona Verde (baixo risco), Zona Amarela (médio risco) e Zona Vermelha (alto risco).

5. Ferramentas de gestão de RRD de base comunitária

As ferramentas consistiram na confecção de produtos com informações sequenciadas e integradas que viabilizou a geração de um produto final/síntese que foi compartilhado com os moradores da comunidade: o Plano de Emergência Comunitário. Os produtos e os mapas construídos manualmente pelos sujeitos sociais foram transcorridos para um software de mapeamento. As oficinas e os encontros dessa ação foram realizados nos dias 20/11/2018 e 04 e 11/12/2018. Dos principais resultados:

1) *Oficina Mapa Zonas de Riscos a Inundação (versão revisada/definitiva)*. Os impactos e os danos gerados com as inundações na comunidade afetam os moradores de forma diferenciada, isto é, nem todos os moradores estão expostos ao perigo da inundação da mesma forma. Diante disso, a Figura 3

mostra três zonas de riscos a inundação segundo a percepção dos riscos vivenciados pelos sujeitos sociais.

Figura 3: Mapa das zonas de riscos a inundação da Tito Silva, segundo a percepção dos moradores



2) *Oficina Mapa de Risco Comunitário*. Nessa oficina os moradores identificaram de forma mais precisa a localização dos pontos de maior perigo (ou ameaça) de inundação na comunidade, esses pontos também indicaram a residência das famílias mais expostas. Além disso, os moradores identificaram as rotas ou vias de acesso (rotas de fuga) e os pontos de apoio

ou abrigo para atender as famílias mais expostas, caso venham ser desalojadas por uma inundação. Na oficina foram utilizados alfinetes com pontas coloridas para perfuração de folha isopor, a qual continha sobreposto a imagem de satélite da comunidade (Figura 4).

Figura 4: Momento de identificação dos pontos de maior perigo a inundação na Tito Silva



No mapa final de risco comunitário (Figura 5) foram identificados 19 pontos de maior ameaça a inundação, todos localizados na zona vermelha (de alto risco a inundação).

Figura 5: Mapa de Risco Comunitário da Tito Silva, segundo a percepção dos moradores



Quanto aos pontos de abrigo foram estabelecidos um número de 5, são eles: 1) Associação dos Moradores CEIFA na rua Frei Damião (1º andar + palco do salão); 2) Prédio anexo da associação CEIFA; 3) Igreja Católica São Francisco, 4) Igreja Evangélica Assembleia de Deus (localizada na rua São Francisco) e 5) Igreja Evangélica Pentecostal da Av. Tito Silva. Já os principais pontos de acesso/rotas de fuga são pela Av. Beira Rio (4 acessos: 3 escadarias e 1 rampa) e pela rua São Francisco (acesso pela Av. Tito Silva, sentido Miramar – Castelo Branco).

3) *Oficina Guia de Informações de Riscos e Danos Comunitários*. O guia trata de uma síntese das principais informações que integra o Plano de Emergência Comunitário da Tito Silva. Construído de forma preliminar em folha de papel madeira e depois revisado pelos sujeitos sociais, o guia foi dividido em três seções: 1) Guia de informações de riscos e pessoas mais expostas; 2) Guia de planejamento dos abrigos comunitários e 3) Telefones de emergência/úteis.

Na elaboração do guia de informações de riscos e pessoas mais expostas, os sujeitos sociais levaram em consideração os impactos mais frequentes com a inundação do rio Jaguaribe e concluíram que 12 famílias são mais expostas a esses impactos, esse número de famílias corresponde um total de 50 pessoas, entre elas pessoas idosas e pessoas com necessidades especiais de locomoção (Quadro 1).

Foi amplamente discutido entre os sujeitos sociais sobre as famílias que possuem mais resistência em sair de suas residências em episódio de inundação. Foi tomada a decisão de incluir essas famílias no cadastro dos abrigos comunitários para pessoas desalojadas. As informações desse cadastro estão

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

presentes no guia de planejamento dos abrigos comunitários, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 1: Guia de informações de riscos e pessoas mais expostas a inundações da Tito Silva, segundo o levantamento dos moradores

PONTO DE AMEAÇA	IMPACTOS ESPERADOS	Nº DE PESSOAS/FAMÍLIAS MAIS EXPOSTAS			
		Famílias	Nº pessoas	Idosos/idade	Necessidades especiais
Zona Vermelha (Risco Alto)	Danificações das casas;	Dona Zefinha*	4	Dona.Zefinha (72 anos)	Sr. Valdeci
		Sr. Padeiro*	3		
		Aninha	2		
	Destruição total ou parcial dos muros dos quintais;	Nice	5	Sr.Padeiro (65 anos)	Dona Damiana**
		Francisco*	2		
	Destruição e danificação de móveis;	Damião	7	Sr.Valdeci (64 anos)	Dona Damiana**
		Camilinha*	5		
		Neta	2		
	Pessoas desabrigadas;	Sr. Valdeci	8	Dona Damiana** (80 anos)	Filho da Maria
		Maria	7		
	Proliferação de doenças (vírus e alergias).	Bia	2		
		Ramos*	3		
TOTAL	5 IMPACTOS	12 FAMÍLIAS	50 PESSOAS	4 IDOSOS	3 PESSOAS

*Pessoas ou famílias com muita resistência de sair de suas casas em caso de inundações na comunidade.

**Dona Damiana, apesar de ser idosa e apresentar necessidade especial (de locomoção) e além de ter sua casa muito exposta a inundações, a mesma sempre se abriga na casa da filha.

Quadro 2: Guia de planejamento dos abrigos comunitários da Tito Silva, segundo o levantamento dos moradores

PLANEJAMENTO DOS ABRIGOS PARA AS FAMÍLIAS DESABRIGADAS		
Abrigos/Capacidade por família	Identificação das famílias	Nº pessoas por família
Associação CEIFA 1º andar (2 Famílias)	Neta	2
	Nice	5
Associação CEIFA Palco (1 Família)	Aninha	2
Anexo da Associação CEIFA (3 Famílias)	Sr. Valdeci	8
	Maria	7
	Bia	2
Igreja Católica São Francisco (5 Famílias)	Damião	7
	Dona Zefinha	4
	Francisco	2
	Camilinha	5
	Ramos	3
Igreja Evangélica Assembleia de Deus (rua São Francisco) (1 Família)	Padeiro	3
Igreja Evangélica Pentecostal (Rua Tito Silva) (2 Famílias)	Em aberto para outras famílias ou espaço para armazenar objetos	—
5 ABRIGOS PARA ATENDER ATÉ 14 FAMÍLIAS	12 FAMÍLIAS	50 PESSOAS

Quanto aos telefones de emergência/úteis foram considerados pelos participantes os seguintes contatos: da Defesa Civil local, do SAMU, do Corpo de Bombeiros e da Secretaria de Desenvolvimento Social de João Pessoa.

As informações geradas nas oficinas e nos encontros resultaram no Plano de Emergência Comunitário da Tito Silva, o qual foi revisado entre os participantes e posteriormente,

entregue a comunidade em formato impresso, via *WhatsApp* e em formato de Banner exposto no prédio da associação dos moradores.

As ações de RRD que foram desenvolvidas na comunidade configuraram-se em um investimento de cunho popular para melhorar a preparação para os desastres, fortalecendo assim a gestão do risco a inundação. Segundo os relatos dos sujeitos sociais participantes, as ações foram proveitosas no sentido de possibilitar, de modo mais sistemático, a discussão e a reflexão coletiva sobre a problemática dos desastres de inundação na Tito Silva.

6. Linhas finais ... O Plano de Emergência foi executado?

No ano de 2019, ano seguinte da realização do projeto na comunidade, registraram - se um dos maiores volumes de precipitação diária da cidade: 327,6 mm em 48 horas (AES, 2019). Esse evento excepcional de chuva ocorreu entre os dias 13 e 14/06/2019 e foi responsável por quase a metade do volume acumulado no mês de junho de 2019. Historicamente, os meses de junho e de julho são os mais chuvosos de João

Pessoa. Nesses meses também é frequente os registros de inundações, alagamentos e deslizamentos na cidade.

Diante desse evento adverso, os moradores da Tito Silva mais uma vez vivenciaram a materialização do risco em sua comunidade, isto é, registraram mais uma inundação do rio Jaguaribe. Segundo o relato das lideranças comunitárias a inundação de junho de 2019 superou em número de danos materiais a última inundação vivenciada na comunidade no mês de abril do ano de 2016. Assim, mais pessoas foram desalojadas de suas casas e mais perdas de bens materiais e de danificações das residências foram registrados.

Indagados sobre a aplicação do Plano de Emergência uma moradora, uma liderança da associação dos moradores, que participou da construção do Plano, respondeu:

“Serviu sim, Professor! Não teve tanta bagunça na hora de ajudar as pessoas, na hora de dividir os abrigos (...) mais a agonia foi grande (...) tivemos que mexer na divisão das famílias, porque a água dessa vez entrou na associação, aí não utilizamos o palco da associação, só o 1º andar (...) a água entrou até na biblioteca e molhou os livros...”
(Depoimento da moradora da Tito Silva em 22/06/2019).

Esse depoimento foi cedido dias depois do episódio de inundação na comunidade. Nele registramos a possibilidade/viabilidade de os moradores gerir, com recursos próprios, os impactos gerados pela inundação.

Os moradores também nos revelaram que o Banner com as informações do Plano, fixado na associação, foi o primeiro a ser consultado quando perceberam que a água do rio já alcançava a rua Frei Damião, limite entre as zonas de risco alto e médio, zonas definidas por eles na oficina Mapa Zonas de Riscos a Inundação da Tito Silva.

Referências

AESA. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. 2019. Disponível em:
<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2019-06-10&produto=municipio&periodo=mensal> Acesso: 20 jul. 2019.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e

ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 23, n.1, p. 43-59, jan./jun, 2006.

FURTADO, J. R. **Mobilização comunitária para Redução de Riscos de Desastres (RRD)**. Florianópolis: CEPED/ UFSC, 2015. 86 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

SILVA, N. T. **Chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e a vulnerabilidade socioambiental**. 134p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 2018.

SOUZA, L. B. ZANELLA, M. E. **Percepção de riscos ambientais: Teorias e Aplicações**. 1ªed. Fortaleza: Edições UFC, 2010. 240p.

UNISDR. UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. 2015 Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf Acesso em: 23 abr. 2018.

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E AS CONDIÇÕES SANITÁRIAS NO ESPAÇO URBANO DE BAYEUX, PARAÍBA

*Floriza Maria da Silva Pereira
Camila Cunico*

1. Espaço urbano e vulnerabilidade socioambiental

A discussão sobre a relação entre a degradação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico permeiam o meio acadêmico desde a década de 1960. Diante de processos de industrialização adotados, principalmente, pelos países em desenvolvimento, impossibilitou-se o enfrentamento de problemas como a reforma agrária, distribuição de renda e as questões ambientais.

Esta condição implica em diversos conflitos socioeconômicos expressos nos espaços urbanos e na apropriação dos recursos naturais pelas populações. Devido aos mecanismos econômicos e sociais desiguais, a maior carga dos danos ambientais concentra-se nas populações de baixa renda,

populações marginalizadas e vulneráveis. Este termo, vulnerável, relaciona-se com risco, fragilidade ou dano que pode ser evitado quando, um indivíduo ou grupo social pode proteger-se do dano devido aos recursos pessoais ou alternativas de enfrentamento aos riscos (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2009).

Estima-se que mais da metade da população mundial reside nos espaços urbanos e estes lugares apresentam de forma mais significativa os problemas entre sociedade e natureza, problemas estes que produzem riscos das mais diferentes esferas inclusive sociais e ambientais. Em meados da década de 1980 surgiu uma abordagem teórico-metodológica que considerava os aspectos físicos destes problemas, mas também o fator social, denominada de vulnerabilidade (ALMEIDA, 2012).

A vulnerabilidade apresenta diversos aspectos que variam desde os físico-naturais (hidrografia, clinografia, vegetação) até os sociais como pobreza, idade, gênero, etnia, classe social, qualidade do saneamento básico. Ou seja, para analisar os aspectos que a compreendem é necessário recorrer

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

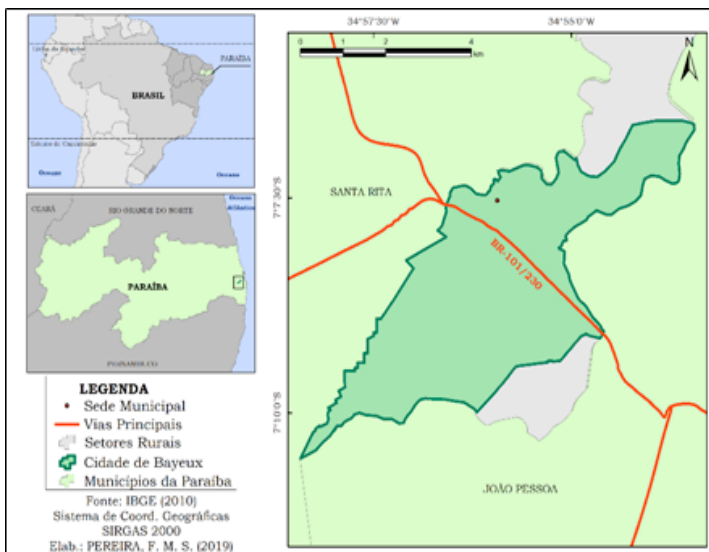
a outras ciências como Demografia, Geografia, Antropologia, entre outras.

Diante disto, os estudos da vulnerabilidade exigem a sintetização de diversas informações e uma das alternativas para tal problemática é o uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG), pois possibilita a representação espacial georreferenciada em uma escala reduzida e virtual, além da relação entre variáveis distintas.

Neste estudo o objetivo principal foi identificar e avaliar as condições sanitárias dos setores censitários urbanos de Bayeux, PB nos diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental e comparar a evolução dos mesmos entre os anos de 2000 e 2010.

O município de Bayeux localiza-se na região Nordeste do Brasil, no estado da Paraíba e pertence às Regiões Imediata e Intermediária de João Pessoa (Figura 1).

Figura 1: Localização do município de Bayeux, PB



A capital do estado (João Pessoa) e o município de Santa Rita fazem fronteira ao leste e oeste da cidade, respectivamente. O município pertence à Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP), juntamente com mais 12 municípios de acordo com a Lei Complementar nº 59, de 30 de dezembro de 2003 e sofre o um processo urbano denominado de conurbação.

2. A construção dos indicadores socioambientais e sanitários

Para identificar, avaliar e comparar a evolução têmporo-espacial da vulnerabilidade socioambiental e correlacioná-la

com as condições sanitárias dos setores censitários urbanos de Bayeux, foram aplicadas técnicas de geoprocessamento por meio de metodologia definida por Alves (2006), Alves e Torres (2006) e aprimorada por Cunico (2013). Estes autores utilizam de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para realizar procedimentos de sobreposição espacial de dados socioeconômicos e demográficos, oriundos dos Censos Demográficos do IBGE, integrados a dados ambientais, provenientes principalmente de bases temáticas do meio biofísico por meio de métodos, técnicas e ferramentas de geotecnologias.

De acordo com a metodologia dos autores, a vulnerabilidade socioambiental pode ser definida como a associação dos aspectos físico-naturais e socioeconômicos de um determinado espaço ou grupo social e a capacidade que estes grupos possuem em reverter ou recuperar-se de um evento, doença ou danos.

Para este trabalho a vulnerabilidade socioambiental foi definida como a relação entre risco social e ambiental sendo o risco social composto por moradores em domicílios particulares permanentes, rendimento nominal mensal por pessoa,

responsáveis por domicílio particular permanente não-alfabetizados, pessoas responsáveis do sexo feminino, pessoas com 0 a 4 anos de idade e pessoas a partir de 65 anos de idade. Já o risco ambiental é composto pelas seguintes variáveis: clinografia inferior a 3% e superior a 30%, e proximidade de cursos d'água e reservatórios de água em até 50 metros.

O mapa de vulnerabilidade socioambiental foi obtido pela combinação dos mapas de risco social e ambiental. E pela combinação dos mapas temáticos associados a análises quantitativas e espaciais, definiu-se as classes de vulnerabilidade socioambiental como “Muito Baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Muito Alta”. Além destas análises houve tratamento estatístico para determinar cada uma das classes de risco ambiental, social e vulnerabilidade socioambiental.

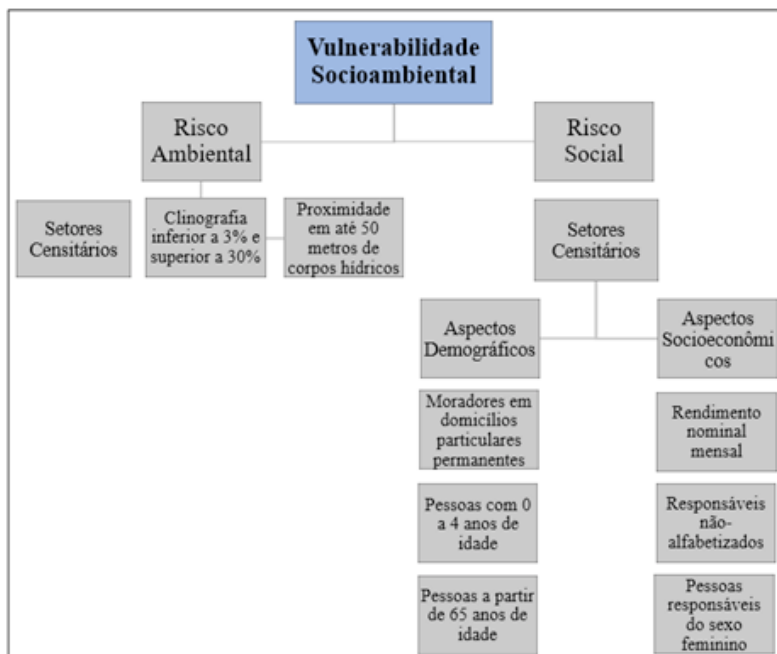
Os intervalos das variáveis elencadas foram definidos pela metodologia dos *quartis*, que de acordo com Vieira (2009):

(...) permite identificar os setores com melhores, intermediários e piores condições [...], sem exceção, possibilitando uma visualização geral das condições de desigualdade socioespacial. (VIEIRA, 2009, p. 113)

Ou seja, se o valor de n (no caso o número de intervalos) for igual a cinco, significa que a amostra será dividida da seguinte maneira: o primeiro *quartil* equivale a 20% da amostra; o segundo a 40%; o terceiro a 60% (mediana); o quarto a 80% e quinto *quartil* equivale a toda a amostra, ou seja, 100% dos dados.

A Figura 2 apresenta o fluxograma de procedimentos realizados para obter a vulnerabilidade socioambiental dos setores urbanos de Bayeux nos anos 2000 e 2010.

Figura 2: Fluxograma de procedimentos realizados para obter a cartografia digital de vulnerabilidade socioambiental da área de estudo



Elaboração: as autoras (2019).

Após a definição dos intervalos das variáveis de risco social, os mesmos foram reclassificados e compatibilizados para as classes definidas como “Muito Baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito Alto”, isto também foi feito para os intervalos percentuais do risco ambiental, e então, por meio da propriedade denominada álgebra de mapas, as cartografias

digitais do risco ambiental e social foram sobrepostas espacialmente, formando o mapa temático de vulnerabilidade socioambiental.

Como visto anteriormente, um dos aspectos que influenciam a vulnerabilidade socioambiental são as condições sanitárias do local que estão diretamente relacionadas com o abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de resíduos sólidos e drenagem pluvial.

Para uma análise destas condições com a vulnerabilidade foram elencadas variáveis que qualificam a infraestrutura sanitária do município, as quais foram avaliadas separadamente, ou seja, não entraram na composição do risco social.

Com relação aos procedimentos técnicos, foram aplicados os mesmos apresentados para as variáveis que formam o risco social, em termos da definição dos intervalos, a metodologia dos *quartis*. O Quadro 1 apresenta a descrição das variáveis e seus respectivos intervalos para cada um dos anos analisados. Vale salientar que DPP significa domicílios particulares permanentes.

Quadro 1: Descrição e intervalos definidos pela metodologia dos *quartis* para os anos de 2000 e de 2010

DESCRIÇÃO DA VARIÁVEL	ANO	INTERVALO	ANO	INTERVALO
DPP com abastecimento de água via rede geral	2000	Inferior a 215	2010	Inferior a 138
		216 a 258		139 a 186
		259 a 283		187 a 224
		284 a 307		225 a 289
		308 a 593		290 a 472
DPP com outra forma de abastecimento (acrescido poço)	2000	Nenhum (zero)	2010	Nenhum (zero)
		Um		1 a 3
		2 a 4		4 a 7
		5 a 7		8 a 16
		8 a 153		17 a 131
DPP com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	2000	Um	2010	Inferior a 2
		2 a 5		3 a 6
		6 a 18		7 a 17
		19 a 111		18 a 54
		112 a 297		55 a 300
DPP com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica	2000	Inferior a 4	2010	Inferior a 2
		5 a 43		3 a 12
		44 a 117		13 a 45
		118 a 216		46 a 146
		217 a 327		147 a 341
DPP com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar	2000	De zero a um	2010	De zero a um
		2 a 8		2 a 8
		9 a 121		9 a 62
		122 a 185		63 a 182
		186 a 420		183 a 505
DPP com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala	2000	Nenhum (zero)	2010	Nenhum (zero)
		1 a 2		1 a 2
		3 a 6		3 a 10
		7 a 36		11 a 19
		37 a 295		20 a 215
DPP com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e	2000	Nenhum (zero)	2010	Nenhum (zero)
		1 a 8		1 a 7
		9 a 33		8 a 31

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

esgotamento sanitário via lago, mar, rio		34 a 99		32 a 100
		100 a 255		101 a 254
DPP com lixo coletado por serviço de limpeza	2000	Inferior a 213	2010	Inferior a 126
		214 a 244		127 a 175
		245 a 269		176 a 223
		270 a 298		224 a 282
		299 a 508		283 a 507
DPP com lixo coletado por caçamba de serviço de limpeza	2000	Nenhum (zero)	2010	Nenhum (zero)
		Um		Um
		2 a 3		2 a 4
		4 a 28		5 a 10
		29 a 156		11 a 178
DPP com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro	2000	Nenhum (zero)	2010	Nenhum (zero)
		1 a 2		Um
		3 a 9		2 a 6
		10 a 31		7 a 16
		32 a 122		17 a 87
DPP com lixo jogado em rio, lago ou mar	2000	Nenhum (zero)	2010	Nenhum (zero)
		1 a 10		1 a 2
		11 a 19		3 a 5
		20 a 41		6 a 8
		42 a 175		9 a 27

Organização: as autoras (2019).

Após a definição dos intervalos foram produzidos mapas temáticos correspondentes às variáveis que caracterizam alguns dos serviços de saneamento básico, em termos da definição do que seja de acordo com a Lei de Saneamento Básico. O único aspecto que não foi abordado foram as condições de drenagem pluvial, pois até o censo de 2010 estes dados não eram elencados pelo IBGE.

É pertinente salientar que foram utilizados na análise os setores censitários classificados como urbanos. Portanto, justifica-se a diferenciação entre os contornos da área de estudo para os anos de 2000 e 2010.

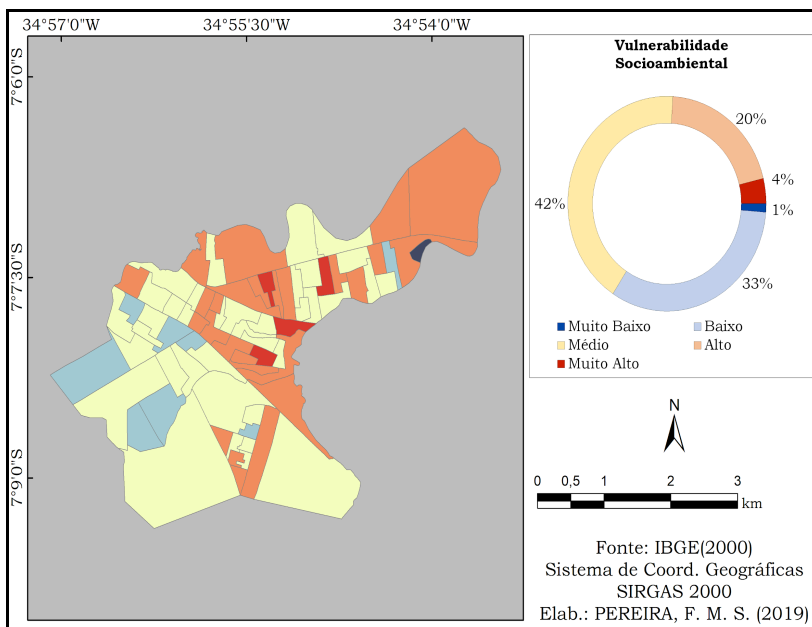
3. A vulnerabilidade socioambiental: identificação dos riscos e da situação sanitária

Ao avaliar o resultado cartográfico da associação da vulnerabilidade socioambiental em 2000 tem-se que o risco social apresentou maior influência sobre a definição da vulnerabilidade, tanto que os setores de classe “Alta” e “Muito alta” coincidiram com aqueles definidos para o risco social elevado, localizados, principalmente, na região ao norte de Bayeux (Figura 3). De maneira geral, os setores foram majoritariamente enquadrados como “Médio” (45%), assim, Bayeux encontra-se em situação de melhoria e qualidade de vida.

Ao relacionar estes resultados com as condições de saneamento básico percebe-se que os setores que pertencem a classe “Alta” e “Muito Alta” localizam-se nas áreas mais vulneráveis também apresentaram os piores coeficientes

sanitários, ou seja, locais de baixa infraestrutura sanitárias tendem a ser os mais vulneráveis.

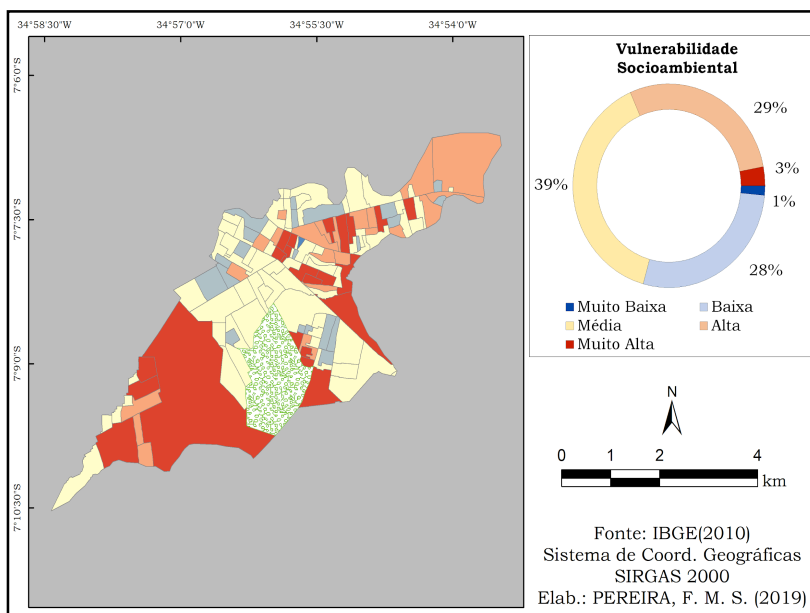
Figura 3: Vulnerabilidade socioambiental dos setores censitários urbanos de Bayeux (PB) em 2000



Os riscos social e ambiental, para a vulnerabilidade socioambiental em 2010 tiveram pesos similares, em que os setores de maior risco social também foram os de maior risco ambiental. Os novos setores da porção sul foram incluídos no perímetro urbano de Bayeux, e apresentaram importante

influência sobre os resultados cartográficos. A Figura 4 apresenta o mapa temático da vulnerabilidade socioambiental em 2010.

Figura 4: Vulnerabilidade socioambiental dos setores censitários urbanos do município de Bayeux (PB) em 2010



Em termos da relação entre a vulnerabilidade socioambiental e as condições sanitárias tem-se que o abastecimento via rede geral se expandiu no centro, já as

formas de esgotamento sanitário como vala diminuiu, mas a fossa séptica aumentou principalmente na porção central.

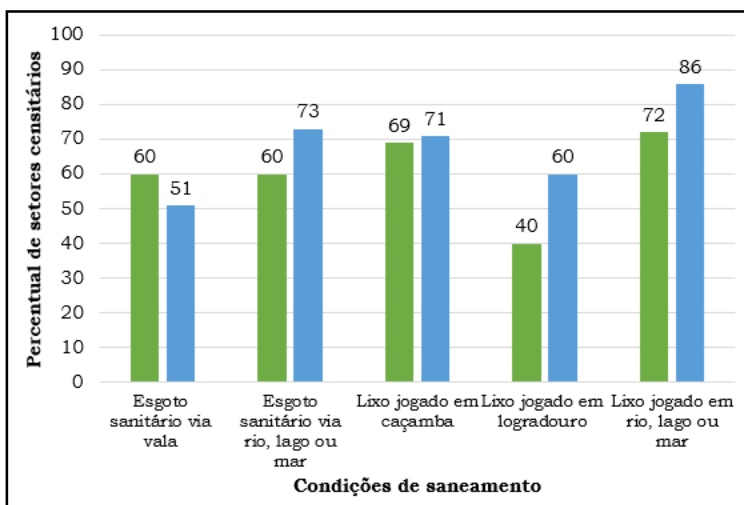
Porém, tem-se que os setores que 2000 foram majoritários em termos de descarte do esgoto em rio, lago ou mar se manteve em 2010, ou seja, houve negligência destas áreas. E as mesmas também se encontram na parcela dos setores de vulnerabilidade socioambiental intensa. Com relação a coleta de resíduos, esta apresentou evolução significativa se comparada com 2000. Além de que o descarte em terrenos baldios ou logradouros diminuiu, e ao avaliar a variável de lixo jogado em rio, lago ou mar, esta foi a que apresentou melhor resultado.

Além da relação entre vulnerabilidade socioambiental e as condições de saneamento, os resultados permitiram identificar quais variáveis apresentaram maior percentual por setor censitário em 2000 e 2010. A Figura 5, apresenta estes dados.

Entre as diversas variáveis apresentadas, as que se destacaram em termos de maior percentual de setores censitários estão relacionadas com as piores condições de esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos. Além disso,

na maioria dos indicadores houve o aumento e consequentemente piora destas condições.

Figura 5: Comparação entre as variáveis de condição sanitária que apresentaram o maior percentual de setores censitários em 2000 e 2010



Organização: as autoras (2019)

4. Um desfecho

Conclui-se que ao comparar com as cidades vizinhas, João Pessoa e Santa Rita, observou-se uma semelhança entre

elas e Bayeux. Apesar de João Pessoa ser a capital e ter maiores investimentos sobre a perspectiva sanitária, a forma como estes recursos são direcionados também são influenciados pelas áreas de vulnerabilidade socioambiental. Em Santa Rita este cenário também se repete.

Ao correlacionar as variáveis de saneamento básico com a vulnerabilidade socioambiental concluiu-se que apesar da melhoria destas condições no período de 10 anos, as áreas que estavam sob maior vulnerabilidade ainda foram aquelas que recorrem às práticas inadequadas de saneamento. Isto provavelmente se explica pela negligência dos gestores, educação da população que apesar de usufruir dos manguezais e rios ainda os poluem, e a ausência de uma gestão territorial que priorize estas regiões e estabeleça planos de ação para as mesmas.

Referências

ALMEIDA, L. Q. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012, 215 p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109207>. Acesso em: 03 jul. 2018.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos da População**, São Paulo, v. 23, n.1, p. 45-69, 2006.

ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, Fundação Seade, p. 44-60. 2006.

CUNICO, C. **Do risco à adaptação**: a identificação da vulnerabilidade socioambiental de Curitiba – PR. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Vulnerabilidade Socioambiental das Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Brasília: Letra Capital. 2009.

VIEIRA, A. B. **Mapeamento da exclusão social em cidades médias**: interfaces da Geografia Econômica com a Geografia Política. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2009.

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO ESPAÇO URBANO DE ARAPIRACA, ALAGOAS

*Juliete dos Santos
Leandro Antonio de Oliveira
José Lidemberg de Sousa Lopes*

1. Introdução

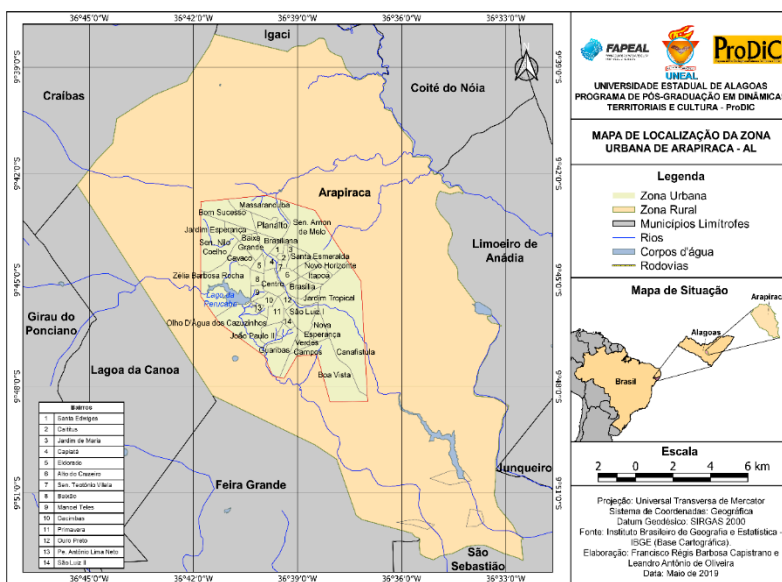
No decorrer do tempo é visível o crescimento populacional acentuado em Arapiraca, cidade do estado de Alagoas. Nesse contexto, o presente capítulo, busca averiguar se pessoas sujeitas a riscos e perigos ambientais estão necessariamente social e ambientalmente vulneráveis⁷.

O município de Arapiraca está localizado na porção central do Estado de Alagoas. Segundo o relatório das características ambientais do município (PMA, 2007), Arapiraca está situada a cerca de 130km da capital, Maceió, localizada a 9° 75' 25" de

⁷ Estudo desenvolvido com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

latitude sul e 36° 60' 11" de longitude oeste, com uma altitude média de 250 metros em relação ao nível do mar. O Mapa 1, demonstra a localização da zona urbana de Arapiraca e, a divisão de seu território em bairros, no ano de 2010.

Mapa 1: Localização da zona urbana de Arapiraca-AL



Elaboração: os autores (2019).

De acordo com os dados do IBGE (2010) o município ocupa cerca de 345,655Km² (1,32% de Alagoas) inserido na Mesorregião do Agreste Alagoano e na Microrregião de Arapiraca. Sua

população, é de cerca de 214.006 habitantes com uma densidade demográfica de 600,83 hab/Km² (IBGE, 2010).

Segundo o documento da PMA (2007), é possível encontrar no seu perímetro urbano ambientes insalubres e altamente problemáticos, principalmente em relação às questões socioambientais, com espaços físicos desprovidos de infraestrutura básica, ocupados por classes menos favorecidas. De acordo com Lopes (2013), tudo isso se atrela à vulnerabilidade das pessoas aos fenômenos ambientais.

Definido de forma inicial como o potencial de perda de um sistema (MITCHELL, 1989; CUTTER *et al.*, 2003), o termo vulnerabilidade é segundo Ruotti *et al.* (2011, p. 381), caracteristicamente interdisciplinar e fortemente ancorada nas Ciências Sociais e Humanas. Nesse contexto, é importante antes de analisar a vulnerabilidade se questionar sobre os sujeitos que farão parte de sua pesquisa. Por isso, para Liverman (1994), é necessário entender vulnerabilidade a quê? Onde e quem está ou é vulnerável?

No âmbito da abordagem, adotada no presente estudo, trabalha-se a vulnerabilidade dentro de três dimensões: social; ambiental e socioambiental. Para Adorno (2001, p. 62), a

expressão vulnerabilidade social sintetiza a ideia de uma maior exposição e sensibilidade de um indivíduo ou de um grupo aos problemas enfrentados na sociedade em relação as dificuldades de acesso a serviços sociais. Deste modo, Zanella *et al.* (2009), destaca que esses fatores, vão tornar as pessoas ou grupos mais ou menos vulneráveis.

Já em uma perspectiva ambiental, Lopes (2013, p. 26), destaca que a vulnerabilidade pode ser compreendida como o risco a degradação do meio ambiente.

Desta forma, é notório a relação entre as dimensões sociais e ambientais da vulnerabilidade, tendo em vista, que não existe sociedade sem natureza e nem natureza sem sociedade. Assim, identifica-se as áreas socialmente vulneráveis e analisa se elas sofrem algum problema de caráter ambiental que resulta em um estudo acerca da Vulnerabilidade Socioambiental.

Ao avaliar essa nova visão sobre vulnerabilidade, a qual integra a sociedade e natureza, Deschamps (2004) a define como aquela que ocorre quando há coincidência de vulnerabilidade social e ambiental em uma mesma área ou para uma mesma população.

2. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA)

Para identificar as áreas de vulnerabilidade socioambiental na cidade de Arapiraca, foram utilizados os dados sobre os aspectos sociais e ambientais, extraídos do Censo Demográfico de 2010 disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos bairros que compõe a região urbana de Arapiraca.

Para criar o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da cidade, optou-se por utilizar indicadores. Para sua seleção, foi tomado como base os parâmetros metodológicos desenvolvidos por Lopes (2013) e Adger (2006), em que ambos os autores classificam os indicadores em três critérios: exposição do sistema; a sensibilidade do sistema e a capacidade de resposta ou adaptativa do meio.

Com a definição dos indicadores, foi mensurada uma média aritmética para cada um, sendo extraída pela relação do valor atribuído para cada bairro dividido pelo valor total da cidade, como mostra a equação a seguir:

$$\text{VIB} = \frac{\text{TIB}}{\text{TC}} \quad (1)$$






VIB = Valor do Indicador do Bairro.

TIB = Total do Indicador do Bairro.

TC = Total da Cidade.

Após a normatização, foi atribuído o valor em escala que varia de 0,01 (valor mínimo) e 1,00 (valor máximo). A normalização dos indicadores, proposta nessa pesquisa, recebeu uma escala para mensurar os resultados, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Classes, valores e cores para o nível de vulnerabilidade da cidade de Arapiraca/AL

CLASSES	VALORES	CORES
Muito baixa	0,81 – 1,00	
Baixa	0,61 – 0,80	
Média	0,41 – 0,60	
Alta	0,21 – 0,40	
Muito alta	0,01 - 0,20	

Elaboração: os autores (2018).

Todavia, é importante destacar, que diferente do critério de exposição e capacidade de respostas, a sensibilidade tem seus valores invertidos, para ela é feito uma adaptação, sendo considerado vulnerabilidade muito alta quando os valores estão próximos a 1,0 (um) e vulnerabilidade muito baixa próximo a 0,0 (zero).

Por fim, para construir o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) de Arapiraca, foi mensurado, a partir da média aritmética dos índices de vulnerabilidade em cada dimensão e critério conforme a equação 2. Na equação abaixo, é feita uma soma dos valores encontrados para cada critério dividido pelo número total de critérios estabelecidos, no caso 3 (três).

$$IVSA = \frac{IVSAe + IVSAs + IVSAcr}{3} \quad (2)$$

IVSA = Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.

IVSAe = Índice de Vulnerabilidade Socioambiental do critério de exposição a riscos ambientais.

IVSAs = Índice de Vulnerabilidade Socioambiental do critério sensibilidade.

IVSAcr = Índice de Vulnerabilidade Socioambiental do critério Capacidade de Resposta.

Os valores para análise da vulnerabilidade socioambiental seguiram os parâmetros invertidos igual ao critério de sensibilidade, corresponde ao IVSA da cidade de Arapiraca: IVSA = 0,01-0,20 Muito baixa; 0,21-0,40 Baixa; 0,41-0,60 Média; 0,61-0,80 Alta; 0,81-1,00 Muito alta.

Após finalizar os cálculos dos três critérios: exposição, sensibilidade e resposta, foi elaborado o IVSA da cidade de Arapiraca, fazendo-se possível constatar a situação de cada indicador, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2: Valores de referência dos indicadores de vulnerabilidade socioambiental da cidade de Arapiraca/AL

Indicadores	Situação	Critério
	2010	
Área com menor ocupação de vegetação	0,06	Exposição
Área com maior ocupação de planícies fluvial	0,07	
Crianças entre 5 – 9 anos sem estar na escola	0,43	Sensibilidade
Jovens entre 10 – 14 anos sem estar na escola	0,07	
Pessoas analfabetas	0,21	
Domicílios Próprios	0,74	
Relação de Dependência	0,58	
Razão de Moradores por domicílio	0,27	
Renda <i>per capita</i>	0,32	Capacidade de resposta
Abastecimento de Água	0,81	
Esgotamento Sanitário	0,11	
Coleta de Lixo	0,94	

Fonte: IBGE (2010). Adaptação: os autores (2018).

Com a análise estabelecida, identificou-se a classe de vulnerabilidade, que pertence cada critério, como mostra o Quadro 3.

O critério “exposição” avaliou a pressão exercida pelo uso e ocupação do solo. O resultado, é o índice de 0,07 para o ano de 2010 que é apresentado no Mapa 2, que mostra a ocupação da vegetação e da planície fluvial, na cidade de Arapiraca.

Quadro 3: Classes de vulnerabilidade de cada critério da cidade de Arapiraca/AL

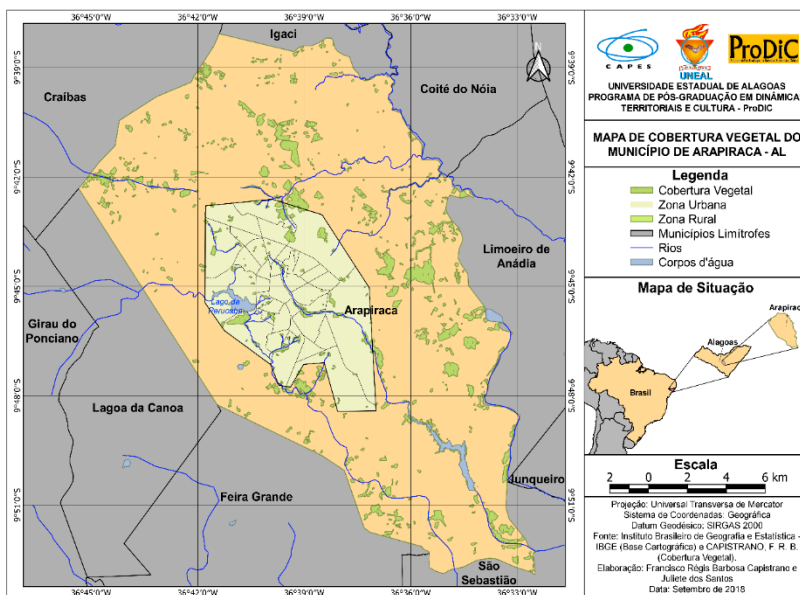
Arapiraca (anos)	CLASSES DE VULNERABILIDADE				
	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Critério de exposição					
2010					0,07
Critério de sensibilidade					
2010		0,37			
Critério de capacidade de resposta					
2010				0,62	

Fonte: IBGE (2010). Adaptação: os autores (2018).

Ao observar o Mapa 2, verifica-se que o município de Arapiraca apresenta um nível de ocupação de vegetação precário, principalmente na sua zona urbana com pequenos

fragmentos de vegetação localizadas especialmente no entorno dos corpos hídricos da cidade. Já na zona rural, a pouca cobertura da vegetação está relacionada ao caráter agrícola do município, ou seja, a vegetação nativa foi retirada para dar lugar a lavouras como fumo e mandioca.

Mapa 2: Cobertura vegetal do município de Arapiraca-AL (2010)



Fonte: IBGE (2010). Adaptação: os autores (2018).

A sensibilidade avaliou o nível de fragilidade em que um grupo ou indivíduo apresenta a um evento adverso. Esse

critério foi dividido em sete indicadores (Quadro 2). Como apresenta o Quadro 3, a sensibilidade da cidade de Arapiraca alcançou no ano de 2010 a classe de baixa vulnerabilidade com 0,37 de índice.

Já o critério de capacidade de resposta, envolveu os indicadores que avaliaram a qualidade habitacional da população. Conforme apresentado no Quadro 3, a cidade expressa um índice de 0,62 no ano de 2010 o que equivale a uma alta vulnerabilidade, sendo esse um dos maiores entraves para a cidade, investimento em infraestrutura urbana.

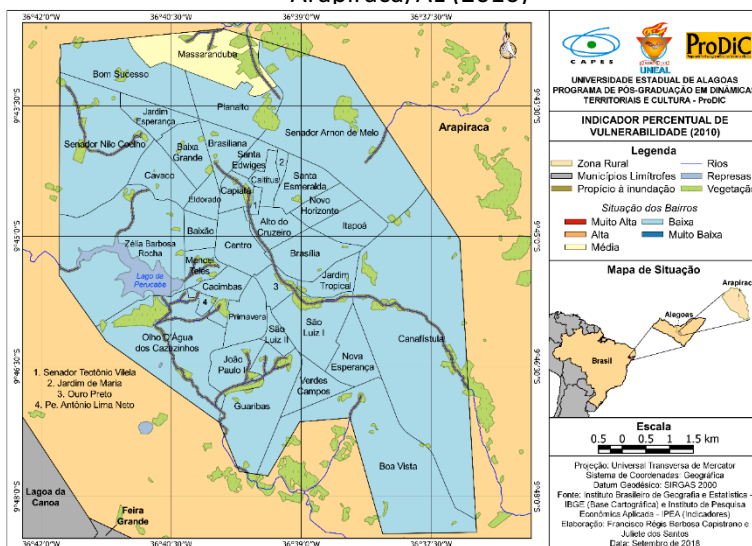
3. Vulnerabilidade socioambiental

Mediante, a mensuração e quantificação dos valores dos indicadores dos três critérios de cada bairro, foi possível chegar ao mapa final da Vulnerabilidade Socioambiental de Arapiraca. Contudo, se observou que a cidade não apresenta níveis elevados de vulnerabilidade socioambiental.

O Mapa 3, apresenta o percentual de Vulnerabilidade do ano de 2010, e mostra o comportamento dos dados no período analisado.

No ano de 2010 foi registrado o aumento no perímetro urbano, bem como a mudança de nomenclatura de alguns bairros. No entanto, a cidade de Arapiraca apresenta uma baixa vulnerabilidade, a exceção é o bairro Massaranduba que apresenta uma média vulnerabilidade.

Mapa 3: Indicador percentual de vulnerabilidade da cidade de Arapiraca/AL (2010)



Elaboração: os autores (2018).

Outra observação perceptível, que aos bairros que apresentaram mais problemas com relação aos indicadores são

os que possuem criação mais recente, e no caso da cidade não conseguem atender as necessidades da população, ou seja, estão em processo de estruturação e carecem de investimentos em diversas áreas, símbolo do processo gradual e contínuo de expansão e atualização da zona urbana do município.

4. Considerações finais

A criação dos indicadores para análise da vulnerabilidade socioambiental do espaço urbano de Arapiraca constatou que os bairros apresentam, predominantemente, classes de vulnerabilidade socioambiental baixa e média. Como resultado a mensuração final do IVSA baseado na equação 2 (dois) chegou a um índice de 0,35 para a cidade, significando uma classe de baixa vulnerabilidade.

O crescimento econômico presenciado em Arapiraca culmina na evolução do perímetro urbano, que influenciou, naturalmente, em uma maior vulnerabilidade do critério de exposição que analisou as áreas ocupadas por vegetação na cidade e no entorno dos corpos hídricos. Os valores desses indicadores advertiram que, a cidade encontra-se na classe de vulnerabilidade muito alta.

Os indicadores de sensibilidade analisaram a extensão ou o grau em que um sistema pode absorver as pressões sem sofrer alterações no longo prazo (LOPES, 2013, p. 110). Os sete indicadores desse critério apresentaram uma classe satisfatória (baixa vulnerabilidade) e um índice 0,37.

A capacidade adaptativa, ou de resposta, é a habilidade do sistema de se ajustar a um dano ocorrido. Os resultados para esse critério constataram que Arapiraca se encontra dentro de uma classe de alta vulnerabilidade, com o valor final mensurado em 0,62 em uma escala que varia de 0,0 a 1,0.

Cabe ressaltar que os passos metodológicos, tanto as análises estatísticas quanto a espacialização dos indicadores, mostraram o suficiente para subsidiar e direcionar a pesquisa de forma satisfatória, sendo possível indicar investimentos prioritários nas áreas verificadas como de maior vulnerabilidade socioambiental.

E por fim, os indicadores, critérios, classes e valores mensurados nesse estudo resultam em um grande aporte para a análise, em um prisma diferente, dos problemas comuns à realidade das cidades brasileiras, que pode identificar os pontos

Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais

aceitáveis e os que necessitam de melhor planejamento e intervenção.

Referências

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, London, v. 16, p. 268-281, 2006.

ADORNO, R. C. F. **Os jovens e sua vulnerabilidade social**. 1ª ed. São Paulo: AAPCS. Associação de Apoio ao Programa Capacitação Solidária, 2001.

CUTTER, S. L. *et al.* Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, Washington, D.C. 84 (1). p. 242-261, 2003.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2004.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 dez. 2016.

LIVERMAN, D.M. Vulnerability to global environmental change. *In*: CUTTER, S.L. (Ed.). **Environmental risks and hazards**. London: Prentice-Hall, 1994. p. 326-342.

LOPES, J. L. S. **Proposta de indicadores de sustentabilidade aplicado para o estudo da vulnerabilidade da comunidade de Batoque-Aquiraz/CE**. Tese (Doutorado em Geografia) – Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MITCHELL, J. K. Hazards research. *In*: GAILE, G. L.; WILLMOTT, C. J. **Geography in America**. Columbus, OH: Merrill, p. 410-424, 1989.

PMA. PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPIRACA. Coordenação para Elaboração da Agenda 21. **Relatório das características ambientais do município de Arapiraca-AL**. SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE – SEDUMA, 2007. 114p.

RUOTTI, C. *et al.* Vulnerabilidade e violência: uma nova concepção de risco para o estudo dos homicídios de jovens. **Interface - comunicação saúde educação**. Botucatu, São Paulo. v.15, n.37, p.377-89, abr./jun. 2011.

ZANELLA, M. E. *et al.* Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza. *In*: DANTAS, E.; COSTA, M. C. L. (Org). **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009, p. 191-215.

RISCOS ASSOCIADOS A EROÇÃO COSTEIRA NO ESTADO DA PARAÍBA

*Christianne Maria da Silva Moura
José Charriere Gomes Pereira*

1. Introdução

A zona costeira do Brasil ao longo de mais de 8.000km de linha de costa, com uma enorme diversidade ecossistêmica, diferentes ambientes climáticos, geológicos e geomorfológicos, torna-se um desafio para qualquer tipo de estudo em escala nacional. Nesse ambiente costeiro complexo e dinâmico, algumas praias apresentam cicatrizes (indicadores) dos processos erosivos atuais ou pretéritos.

Na Paraíba, aproximadamente 24% da população do estado reside em nove municípios costeiros defrontantes com o mar (IBGE, 2010) que podem ou não estar em risco à erosão costeira, porém, até o momento não se tem o mapeamento, monitoramento e classificação desses indicadores ao longo de suas linhas de costa.

De acordo com Neves e Muehe (2008) a inexistência de dados de monitoramento ambiental de longo prazo acabam gerando problemas na identificação dos fatores que causam a erosão costeira no Brasil. Segundo estes autores frequentemente essa identificação tem sido mais um exercício especulativo do que científico.

Tudo isso, torna difícil o estudo desses ambientes, uma vez que a ausência de tais dados põe em dúvida se as modificações sentidas pela linha de costa são resultantes de intervenções antrópicas e/ou revelam um tendência de longo prazo.

O objetivo do nosso trabalho é apresentar resultados de pesquisas desenvolvidas nos últimos anos num esforço de mapear áreas vulneráveis à riscos ambientais, através da identificação visual desses indicadores de erosão costeira ao longo do litoral do estado da Paraíba.

Cabe destacar que não é nosso objetivo específico tratar aqui a questão das mudanças climáticas nem tampouco a elevação do nível do mar, mas apresentar informações que contribuam com o estudo da projeção de linhas de costas futuras e identificação de riscos e perigos costeiros que possam

subsidiar a gestão costeira do estado da Paraíba, diante um possível cenário ambiental em estado de transição climática.

De acordo com o “Panorama da erosão costeira no Brasil” é nosso objetivo chamar atenção para o estado de transição climática que estamos vivenciando onde se destacam, entre outras alterações ambientais, a taxa de elevação do nível do mar dos atuais 3cm/década para 6 a 12cm/década, chegando até o final do século a um aumento absoluto previsto de 50 a 100 cm. (BRASIL, 2018, p.11).

Segundo o Programa Nacional de Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA/MMA) o litoral do Brasil chega a apresentar aproximadamente 40% das praias em processos erosivos (BRASIL, 2018).

É necessário desde já atentarmos para que em algum momento as nossas praias poderão perder a sua capacidade de resiliência a um provável aumento da intensidade dos processos costeiros, assim como, é necessário também entender que quanto mais cedo pudermos comprovar essas mudanças, maior será a capacidade de enfrentamento dos “problemas” decorrentes, bem como, propor estratégias de

adaptação, frente à população diretamente afetada e reconhecidamente mais vulnerável.

2. A erosão costeira no litoral da Paraíba

Dominguez *et al.* (2018) apresentaram uma síntese do comportamento da linha de costa do estado da Paraíba buscando destacar trechos onde a dinâmica local pode significativamente alterar a posição da linha de costa em períodos curtos de tempo. Conforme os autores a linha de costa paraibana, embora exiba baixa mobilidade ainda assim está vulnerável a pequenas variações decorrentes por exemplo de mudanças no clima de ondas local, associadas ou não a uma possível elevação do nível do mar decorrente de mudanças climáticas previstas.

Neves *et al.* (2006) enquadraram as praias arenosas do litoral da Paraíba em quatro categorias (1) linhas de costa em erosão (2) linhas de costa em equilíbrio (3) linhas de costa em progradação e (4) linhas de costa estabilizadas por obras de engenharia. Deste modo, esses autores concluíram que dos 140km de praias do litoral da Paraíba, cerca de 42% experimentam recuo da linha de costa, 33% experimentam

progradação, 21% encontram-se em equilíbrio e 4% estão estabilizados por obras de engenharia.

Neves *et al.* (2006) destacam ainda os seguintes fatores como responsáveis pelos resultados apontados durante a pesquisa: concentração de energia de ondas devido ao fenômeno de refração em feições morfológicas submersas, ocupação desordenada da zona costeira, e retenção de sedimentos fluviais devido à construção de barragens.

Mais especificamente para o litoral de João Pessoa (PB) Reis *et al.* (2008) identificaram a vulnerabilidade à erosão costeira considerando aproximadamente 24km de linha de costa. Com base nos resultados obtidos foi possível notar o crescimento das áreas com problemas erosivos e associá-las principalmente à pressão urbana pela qual passou a área nas últimas décadas.

Segundo Pearce (2008) *apud* Araújo *et al.* (2017) cerca de 2% das áreas urbanas da superfície do planeta são ocupadas prioritariamente à beira-mar, sendo a erosão costeira um dos impactos associados a essa alta concentração populacional nesses espaços costeiros.

Ainda em relação aos processos de erosão na linha de costa de João Pessoa, Araújo *et al.* (2017) destacam que o discurso sensacionalista da mídia local atribui aos aspectos de ordem global a “causa” da erosão costeira, criando assim um entendimento distorcido da realidade. Estes autores enfatizam que na maioria dos casos os processos erosivos costeiros estão relacionados à dinâmica local conjuntamente com o processo de ocupação dos espaços costeiros que de forma rápida e eficiente alteram a dinâmica natural local.

Diante dessa realidade é provável que outras praias, considerando os demais municípios costeiros do litoral da Paraíba, estejam enfrentando problemas com o recuo da linha de costa, sem que haja: um entendimento dos fatores os quais estão intensificando os processos costeiros naturais; um planejamento de gestão costeira que trabalhe preventivamente com o mapeamento dessas áreas de riscos, bem como, com a análise da percepção/adaptação da população diretamente envolvida com o “problema” erosivo.

3. Litoral da Baía da Traição - PB: geoindicadores de erosão costeira

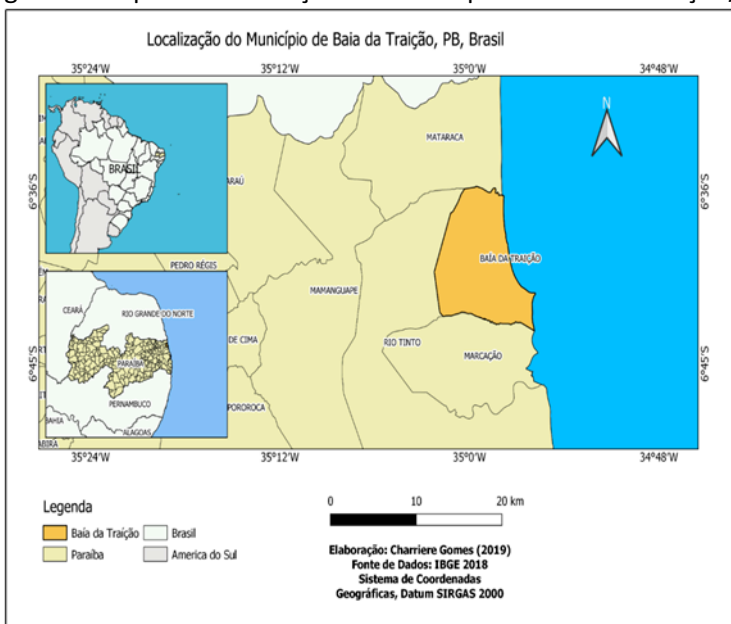
Frente a uma realidade que nos mostra uma carência extrema de conhecimento mais pontual em relação às áreas que já apresentam as cicatrizes de uma erosão costeira no litoral da Paraíba, nos últimos anos deu-se início a uma pesquisa que visa mapear os riscos costeiros a partir da classificação e intensidade da erosão costeira, tendo como base a identificação em campo da presença ou ausência dos geoindicadores de erosão costeira descritos por Souza *et al* (2009); Souza (2006) e Martins (2015).

Reis *et al.* (2019) apresentaram os primeiros resultados dessa pesquisa onde o uso dos geoindicadores é apontado como sendo uma alternativa para realizar avaliações do potencial de risco de desastres naturais em áreas costeiras no litoral sul de João Pessoa (PB). Numa área de aproximadamente 12km de linha de costa, em 49% foram identificados geoindicadores de alta intensidade de erosão costeira, além de também apresentarem os geoindicadores de intensidade moderada, em sua maioria.

Mais recentemente, para as praias da Baía da Traição, litoral norte do estado da Paraíba (Figura 1), ao longo de aproximadamente 15km, os geoindicadores de erosão costeira foram divididos em quatro classes de intensidade, sendo: nulo (sem presença de geoindicadores), baixa (geoindicadores que alteram pouco a paisagem, numerados de 1 a 3), moderado (que alteraram significativamente a paisagem, numerados de 4 a 7) e alto (que alteraram significativamente a paisagem e com alterações antrópicas, numerados de 8 a 11) (Quadro 1).

A metodologia, adaptada para as áreas em estudo, mostrou-se satisfatória por alcançar os objetivos propostos, proporcionando resultados que poderão servir como subsídio à gestão costeira do litoral da Paraíba.

Figura 1: Mapa de Localização do Município de Baía da Traição/PB



Para realizar avaliações do potencial de risco de desastres naturais nas praias de Baía da Traição, e para padronizar a logística de coleta de dados em campo, foram estabelecidos quatorze pontos ao longo da linha de costa distantes cerca de 1km, um do outro.

Quadro 1: Geoindicadores de erosão costeira e classificação do grau de intensidade

Indicadores	Grau de intensidade	Geoindicadores de erosão costeira
0	Nulo	Nenhum dos geoindicadores
I	Baixo	Presença de vegetação rasteira de duna ou restinga soterradas ou com raízes expostas
II		Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outras evidências erosivas (praias urbanizadas ou não).
III		Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordeja as praias, sem o desenvolvimento de falésias. (Praias urbanizadas ou não).
IV	Moderado	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação durante a p reamar de sizígia ou em praias urbanizadas.
V		Marcas de erosão na base de muros residenciais
VI		Árvores na face de praia ou com raízes expostas.
VII	Alto	Presença de obras de proteção costeira não estruturais
VIII		Presença de obras de proteção costeira estruturais
IX		Presença de falésias vivas com alturas de até dezenas de metros em roch as sedimentares (Formação Barreiras) que bordejam as praias (praias urbanizadas ou não).
X		Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos.
XI		Restos de construção na face de praia

Fonte: Souza *et al.* (2009); Souza (2006); Martins (2015). Adaptação: os autores (2020)

Posteriormente, os dados coletados de forma pontual foram extrapolados em 500m lateralmente formando um segmento de aproximadamente 1km. A integração dos quatorze segmentos cobre a linha de costa completa da área da pesquisa (Figura 2).

Em cada um dos quatorze pontos foi observado e registrado em um “*checklist*” a presença ou a ausência de cada um dos geoindicadores. Em todos os pontos de observação foram registradas imagens georreferenciadas com aparelho

GPS Garmim Montana 650. Quando possível as informações foram confrontadas com as imagens disponibilizadas no *Google Earth*.

Figura 2: Representação da intensidade de impacto visual de erosão costeira do município Baía da Traição/PB



Fonte: Google Earth. Elaboração: os autores (2019).

O Município Baía da Traição está localizado na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e Imediata de Mamanguape - Rio Tinto, no Estado da Paraíba (IBGE, 2017).

A forma de relevo que mais se destaca é a planície costeira que é interrompida por falésias na direção sul-norte, estando presente desde a praia do Forte até a praia de Barra de Camaratuba, trecho norte do litoral de Baía da Traição.

Nas praias, as formas geométricas predominantes são de enseadas e pontas em forma de cúspides, ora interrompidos pelo avanço dos Baixos Planaltos Costeiros até o mar; ora pelas residências que bordejam a praia.

A formação recifal (*beach rocks*) é observada em forma paralela à linha de costa da área de estudo, formando um alinhamento sul-norte. Na porção central do município, essa feição ocorre bem próxima ao continente, sendo um agente contributivo na formação da enseada da Baía da Traição, provocando alterações tanto na dinâmica das ondas, como na deriva litorânea.

No que tange à ocupação antrópica, o litoral de Baía da Traição, assim como o litoral Paraibano, passou por um processo de acentuação de adensamento urbano no mesmo

período que o nordeste brasileiro, por volta da década de 70 do século passado. Assim como na maioria das cidades brasileiras o uso e ocupação do solo da área em estudo se deu de forma desordenada, sendo esse um problema que persiste até os dias atuais.

Beltrão e Santos (2015), constatou que as moradias localizadas no perímetro urbano do município, na enseada de Baía da Traição, apresentaram vulnerabilidade à erosão costeira, com aproximadamente, 100 moradias e cerca de 400 pessoas ameaçadas por esse risco. O autor destaca que o mar vem avançando nos últimos 20 anos, destruindo casas e estabelecimentos comerciais que antes ficavam a uma distância considerável do limite máximo da maré alta.

Os resultados da classificação da intensidade dos geoindicadores são apresentados no Quadro 2. Dos geoindicadores propostos quatro apresentaram maior incidência:

IV - pós-praia muito estreita ou inexistente durante inundações de preamar de sizígia ou em praias urbanizadas, (Figura 3A): Ocorre onde a área urbana se desenvolveu predominantemente sobre a planície costeira, sem obedecer a

um espaço mínimo de segurança às marés extremas, ou quando a pós-praia é inexistente em função das falésias vivas (Figura 3C);

III - erosão progressiva sem o desenvolvimento de falésias (Figura 3B): ocorre em áreas também urbanizadas nas praias de Barra de Camaratuba e Tambá. Próximo às falésias mortas;

Quadro 2: Situação das praias da Baía da Traição em relação aos indicadores de erosão costeira

Pontos/Seguimentos	Geoindicadores de Erosão Costeira											Total de Indicadores por Ponto.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1												0
2												0
3												0
4				●	●	●	●			●	●	6
5				●	●		●	●		●	●	6
6				●	●	●	●			●	●	6
7			●	●	●	●	●		●	●	●	9
8				●					●			2
9	●		●	●					●			4
10	●		●	●					●			4
11	●		●	●					●			4
12	●		●	●					●			4
13	●		●									3
14	●		●									3
Total de Indicadores	6	0	7	9	4	3	4	1	6	4	4	

Elaboração: os autores (2020).

I - Presença de vegetação rasteira de dunas ou restingas soterradas ou com raízes expostas (Figura 3E): ocorrem onde os depósitos flúvio-marinhos bordejam as falésias mortas;

IX - Presença de falésias ativas (Figura 3C): ocorre em ampla extensão da porção norte do município.

Figura 3: Exemplos de praias da Baía da Traição e os geoidicadores de erosão costeira identificados*



* Indicador (IV) pós-praia muito estreita ou inexistente durante inundações de preamar de sizígia ou em praias urbanizadas (praia de Baía da Traição Foto 3A); indicador (III) erosão progressiva, sem o desenvolvimento de falésias (praia do Tambá Foto 3B); indicador (IX) presença de falésias vivas com altura de dezena de metros em rochas sedimentares, Formação Barreiras, (praia do Giz Branco Foto 3C); indicador (VII) presença de obras de erosão costeira não estruturada (praia de Ponta das Trincheiras Foto 3D); indicador (VI) árvores na face de praia ou com raízes expostas (praia de Baía da Traição, Foto E3) e indicador (X) destruição de estruturas artificiais construídas sobre o depósito marinho (praia de Baía da Traição, Foto 3F). Fotos (3B, C, D, E e F) Fonte: autores (2019). Foto (3A) Tacio Adventures (2018). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XWJQCqNIJDY>. Acesso em: 20 ago. 2019.

A pesquisa também revelou que a presença dos geoindicadores (V) Marcas de erosão na base de muros residenciais e (VI) Árvores na face de praia ou com raízes expostas (ambos de moderada intensidade), além dos geoindicadores (X) Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos e (XI) Restos de construção na face de praia (ambos de alta intensidade), foram predominantes em todo o perímetro urbano do município da Baía da Traição, localizado ao norte da enseada. Somam-se a esses, o geoindicador de alta erosão (VIII) Presença de obras de

proteção costeira estruturais, que trata da presença de obras de “proteção” costeira estruturais, está presente apenas no ponto 05, também em área urbana.

4.Considerações finais

A pesquisa concluiu que mais de 60% das praias de Baía da Traição sofrem algum efeito dos processos erosivos atuais ou pretéritos, e que a grande incidência dos geoindicadores de alta intensidade à erosão costeira acentua-se principalmente em praias urbanas do município.

A próxima etapa da pesquisa é monitorar a morfodinâmica das praias onde os geoindicadores já foram identificados destacando que a observação pontual, sem conhecimento histórico da dinâmica local, não significa necessariamente uma tendência à erosão ou progradação da linha de costa. Somente a partir de um monitoramento de longo prazo através de levantamentos sistemáticos (campo ou comparação de imagens) tais tendências poderão ser apontadas. A pesquisa ainda prevê verificar quais grupos populacionais estão expostos aos riscos ambientais no litoral da

Paraíba, considerando principalmente o perigo decorrente da erosão costeira.

Referências

ADVENTURES, T. **Baía da Traição - A mais badalada praia da região - Expedição Litoral Norte da Paraíba**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XWJCQcNIJDY>. Acesso em: 11 ago. 2019.

ARAUJO, M. E. *et al.* Reflexões sobre os processos erosivos nas praias da cidade de João Pessoa PB. *In*: SILVA, A.B.; GUTIERRES, H. E. P.; GALVÃO, J. C. (Org.) **Paraíba: pluralidades e representações geográficas**. Livro eletrônico. 1 ed. Campina Grande: Editora EDUEFCG, 2017, p. 337-356.

BELTRÃO, B, A; SANTOS, F.G. **Ação emergencial para reconhecimento de área de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchente**. Baía da Traição. 2015. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19741>. Acesso em: 21 ago. 2019.

DOMINGUEZ, J. L. D. *et al.* Paraíba. *In*: MUEHE, D. (Org.) **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Censo Demográfico, 2010. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb>. Acesso em: 19 mar. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias. Rio de Janeiro. 2017.

Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2100600>. Acesso em: 18 mar. 2020.

MARTIS, K. V. **Vulnerabilidade à erosão costeira e mudanças climáticas através de indicadores em Pernambuco, Brasil.**

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, Pernambuco, 2015. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13925>. Acesso em: 17 fev. 2020.

NEVES, S.M. *et al.* Paraíba. In: MUEHE, D. (Org.) **Erosão e Progradação no litoral brasileiro.** Brasília: MMA. 2006, p. 171-178.

NEVES, C.; MUEHE, D. **Mudanças do clima e zonas costeiras brasileiras.** Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade,

impactos e adaptação. Parcerias Estratégicas. Número 27.

Brasília-DF. 2008. Disponível em:

http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/artic/e/view/325. Acesso em: 17 fev. 2020.

REIS, C.M.M. *et al.* Uso de geoindicadores como alternativa para estudo da erosão costeira no litoral da Paraíba. **Revista Okara**, João Pessoa, v. 13, n.1, p. 194-215, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/okara/article/view/39397>. Acesso em: 13 mar. 2020.

REIS, C.M.M, *et al.* Vulnerabilidade do Litoral de João Pessoa (PB) à erosão costeira. **Revista Estudos Geológicos**, Recife, v. 18, n. 2, p. 25-36, 2008. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1361-estudos-geologicos/v18n02/14371-vulnerabilidade-do-litoral-de-joao-pessoa-pb-a-erosao-costeira.html>. Acesso em: 19 jan. 2020.

SOUZA, H. C. **Caracterização do meio físico da orla marítima dos municípios de Baía da Traição e Marcação, litoral norte da Paraíba**: subsídio para o gerenciamento costeiro integrado. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

SOUZA, C. R. G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista Gestão Costeira Integrada**, V. 9, N. 1., p.17-37, 2009. Disponível em: http://www.abes-sp.org.br/docs/pdf/celia_erosao_costeira_e_desafios_gestao_costeira.pdf. Acesso em: 16 fev. 2020.

SOBRE OS AUTORES

Alíbia Deysi Guedes da Silva

Licenciada em Geografia pelo Centro de Ensino Superior do Seridó da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CERES - UFRN). Técnica em Informática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Integrante do Laboratório de Ecologia do Semiárido (LABESA) e do Laboratório de Hidrografia, Climatologia e Cartografia (LAHICC) do CERES - UFRN. Membro sócio da Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Biogeografia, Hidrografia e Climatologia.

Amanda da Mota Araujo

Bacharela em Gestão Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Mestra em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UERN. Tem experiência na área de Geografia e Gestão Ambiental, com ênfase em Clima Urbano, Planejamento Urbano, Gestão Ambiental Urbana e Educação Ambiental.

Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva

Licenciada em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Especialista em Geografia e Gestão Ambiental pela FIP (Faculdades Integradas de Patos). Mestra em Geografia pelo Programa de Pós -Graduação em

Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professora Assistente do Departamento de Geografia da UERN, Campus Assú. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Clima Urbano, Unidades de Conservação, Geografia da Saúde, Educação Ambiental e Ensino de Geografia.

Andressa Fernanda de Souza Pistili

Licenciada em Geografia pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus de Sorocaba. Tecnóloga em Gestão Ambiental pela Universidade de Sorocaba (UNISO). Servidora Pública na agência de saneamento Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba (SAAE). Professora de Geografia em cursinho popular pré-vestibular 'Liberte-se'. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Clima Urbano e Clima e Saúde.

Camila Cunico

Licenciada e bacharela em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutora e Mestra em Geografia pelo Programa de Pós -Graduação em Geografia da UFPR. Professora Adjunta do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba (DGEOC - UFPB). Professora do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFPB. Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Ordenamento e Zoneamento territorial, Riscos e

Vulnerabilidade socioambiental, Cartografia Instrumental e Geotecnologias.

Christianne Maria da Silva Moura

Bacharela em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutora e Mestra em Geociências pelo Programa de Pós - Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Professora Associada do Departamento de Geociências (DGEOC) da UFPB. Professora do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFPB. Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Espaços Costeiros (GEPEC) da UFPB. Pesquisadora do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Sedimentologia, Geomorfologia Costeira, Cartografia Escolar e Ambiental.

Daisy Beserra Lucena

Bacharela em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestra em Meteorologia pelo Programa de Pós - Graduação em Meteorologia da UFPB. Doutora em Meteorologia pelo Programa de Pós - Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora Associada do Departamento de Geociências (DGEOC) da UFPB. Professora do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFPB. Vice líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Membro sócio da Associação Brasileira de Climatologia (ABClima). Tem experiência na área

de Climatologia, com ênfase em Interação oceano/atmosfera, Climatologia Regional, Climatologia do Semiárido Brasileiro, Eventos climáticos extremos e Métodos e técnicas estatísticas em Climatologia.

Diêgo Alan Mangueira da Silva

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Foi Bolsista de Extensão da UFPB em projetos vinculados ao CLIMAGEO. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica e Desastres Hidroclimáticos.

Edelci Nunes da Silva

Bacharela em Geografia pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH/USP). Doutora e Mestre em Saúde Pública pelo Programa de Pós - Graduação em Saúde Pública da USP. Professora Associada do Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades da Universidade Federal de São Carlos (DGTH - UFSCar), Campus de Sorocaba. Professora do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFSCar. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Clima Urbano, Clima e Saúde, Bioclimatologia e Geografia da saúde.

Flávio Henrique Mendes

Bacharel em Engenharia Florestal e Licenciado em Ciências Agrárias, com MBA em Marketing pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ - USP). Mestre e doutorando em Ciências Florestais pelo

Programa de Pós - Graduação em Recursos Florestais da ESALQ - USP. Em 2013 realizou intercâmbio na Universidade de Lisboa, Portugal, ao estudar queda de árvores, e em 2019, na Universidad de Chile, Santiago, sobre o clima urbano da capital. Tem experiência na área de Arborização Urbana, com ênfase em Planejamento urbano, Simulações microclimáticas e conforto ambiental urbano, Tomografia de impulso e risco de queda de árvore e Geotecnologias.

Floriza Maria da Silva Pereira

Bacharela em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Graduanda em Tecnologia de Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). Membro estudante do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Recebeu o “Prêmio Jovem Pesquisador” no XXVII Encontro de Iniciação Científica da UFPB. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Gestão de Riscos e Desastres, Vulnerabilidade socioambiental e Geotecnologias.

Francisco Bráz de Matos

Graduando do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Regional do Cariri (URCA). Integrante do Laboratório de Análise Geoambiental (LAGEO) da URCA. Bolsista de Iniciação Científica do Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica (IC-BPI) da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica e Climatologia Urbana.

Gabriel de Paiva Cavalcante

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPB. Membro coordenador do ensino básico na Secretaria de Educação e da Ciência e Tecnologia da Paraíba. Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Bioclimatologia e Climatologia Regional.

Hugo Romero

Professor de Estado em História e Geografia (Universidad de Chile). Mestre em Ciências em Ordenamento Territorial (Cranfield University, Inglaterra). Diplomado em Sistemas de Informação Geográfica aplicados ao Meio Ambiente (École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suíça). Doutor em Geografia e Ordenação do Território (Universidad de Zaragoza, Espanha). Professor em Programas de Graduação e de Pós - Graduação do Departamento de Geografia da Facultad de Arquitectura y Urbanismo da Universidad de Chile, instituição em que se empenha por mais de 50 anos. Suas linhas de investigação incluem Geografia Ambiental, Climatologia Regional e Urbana, e Climatologia Cultural. Recebeu o Prêmio Nacional de Geografia em 2013 e o Prêmio Latinoamericano de Geografia Milton Santos em 2019, por sua contribuição à investigação e docência em Geografia.

João Cândido André da Silva Neto

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana (UFMS - CPAQ).

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFMS - CPAQ. Doutor em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente. Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Professor do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFAM. Coordenador do Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia (HIDROGEO) da UFAM. Editor chefe da Revista Geonorte da UFAM. Tem experiência na área de Geografia Física, com ênfase em Biogeografia, Cartografia, Sensoriamento remoto e Geoprocessamento.

João Luís Sampaio Olímpio

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialista em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Doutor e Mestre em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFC. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Quixadá. Coordenador do Núcleo de Estudos Integrados em Geografia Ambiental, Geodiversidade e Geoinformação (NIGEO) do IFCE. Coordenador do Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO) do IFCE. Pesquisador do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Riscos e desastres naturais, Fragilidade ambiental, Geotecnologias e Consultoria ambiental.

Jório Bezerra Cabral Júnior

Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campus Campina Grande. Especialista em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido pela UEPB. Doutor e Mestre em Ciências Climáticas pelo Programa de Pós - Graduação em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professor Adjunto do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Alagoas (IGDEMA - UFAL). Coordenador de Pesquisa do IGDEMA - UFAL. Coordenador do Laboratório de Estudos Climáticos (LAEC) do IGDEMA - UFAL. Líder do Grupo de Pesquisa Climatologia Teórica e Aplicada (CTA) da UFAL. Pesquisador do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da Universidade Federal da Paraíba. Membro sócio da Associação Brasileira de Climatologia (ABClima) e da Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Variabilidade e mudanças climáticas, Estatística aplicada à climatologia e Hidrogeografia.

José Charriere Gomes Pereira

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Membro estudante do Grupo de Estudo e Pesquisa em Espaços Costeiros (GEPEC) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geomorfologia Costeira.

José Lidemberg de Sousa Lopes

Licenciado e bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Geografia pelo Programa de

Pós - Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutor em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFC. Professor Adjunto da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL), Campus V de Zumbi dos Palmares. Professor do Programa de Pós -Graduação em Dinâmicas Territoriais e Cultura (ProDiC) da UNEAL. Coordenador do Curso de Geografia da UNEAL, Campus V. Coordenador do Laboratório de Estudos sobre Vulnerabilidade Socioambiental (LEVSA) da UNEAL. Pesquisador do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Zoneamento e Educação ambiental, Recursos hídricos e solos, Vulnerabilidade socioambiental e Geotecnologias.

Josivaldo Lucas Galvão Silva

Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestrando em Clima e Ambiente pelo Programa de Pós - Graduação em Clima e Ambiente da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Tem experiência na área de Climatologia, com ênfase em Climatologia do Semiárido Brasileiro.

Juliana Maria Oliveira Silva

Licenciada e bacharela em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutora e Mestra em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFC. Professora do Departamento de Geociências da Universidade Regional do Cariri (DEGEO - URCA). Coordenadora do Laboratório de Análise Geoambiental (LAGEO) da URCA. Bolsista produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e a Inovação Tecnológica da

Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). Pesquisadora do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da Universidade Federal da Paraíba. Membro suplente do Conselho Deliberativo da Associação Brasileira de Climatologia (ABCLima), gestão 2018 - 2020. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Bacias Hidrográficas e Geotecnologias.

Juliete dos Santos

Licenciada em Geografia pela Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). Mestre em dinâmicas territoriais e cultura pelo Programa de Pós - Graduação em Dinâmicas Territoriais e Cultura (ProDiC) da UNEAL. Integrante do Laboratório de Estudos sobre Vulnerabilidade Socioambiental (LEVSA) da UNEAL. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Vulnerabilidade socioambiental, Riscos e Desastres naturais.

Leandro Antonio de Oliveira

Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). Especialista em Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade pela Universidade Cândido Mendes. Mestre em dinâmicas territoriais e cultura pelo Programa de Pós - Graduação em Dinâmicas Territoriais e Cultura (ProDiC) da UNEAL. Integrante do Laboratório de Estudos sobre Vulnerabilidade Socioambiental (LEVSA) da UNEAL. Foi bolsista de projetos de Extensão da UNEAL. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Vulnerabilidade social e violência.

Letícia Gabriele da Silva Bezerra

Bacharela em Gestão Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UERN. Tem experiência na área de Geografia e Gestão Ambiental, com ênfase em Clima Urbano, Planejamento Urbano, Gestão Ambiental Urbana e Educação Ambiental.

Lucas Pereira Soares

Licenciado em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFC. Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus Abaetetuba. Coordenador do Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO) do IFPA. Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Climatologia Regional, Bacias hidrográficas e Geotecnologias.

Marcelo de Oliveira Moura

Licenciado e bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor e Mestre em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFC. Professor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba (DGEOC - UFPB). Professor do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFPB. Coordenador do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB.

Vice líder do Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Geográfica (GEPEG) da UFPB. Pesquisador do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Membro suplente do Conselho Fiscal da Associação Brasileira de Climatologia (ABClima), gestão 2018 - 2020. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Climatologia Urbana e Regional, Desastres hidroclimáticos e Ensino de Geografia.

Maressa Oliveira Lopes Araújo

Bacharela em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFPB. Membro estudante do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica e Eventos climáticos extremos.

Michaell Douglas Barbosa Pereira

Licenciado e bacharel em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFPB. Professor de Geografia da Secretaria de Estado da Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer do Rio Grande do Norte. Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica e Climatologia Regional.

Natacha Cíntia Regina Aleixo

Licenciada e bacharela em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Ourinhos. Doutora em Geografia pelo Programa de Pós -Graduação em Geografia da UNESP, Campus de Presidente Prudente, com período sanduíche na Universidade de Coimbra, Portugal. Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Professora do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFAM. Pesquisadora do Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia (HIDROGEO) da UFAM. Membro suplente do Conselho Deliberativo da Associação Brasileira de Climatologia (ABCLima), gestão 2018 - 2020. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Geografia do Clima, Bioclimatologia Humana, Climatologia Urbana, Climatologia da Amazônia, Geografia da Saúde, Cidades e saúde humana, Riscos e Vulnerabilidades.

Natieli Tenório da Silva

Licenciada e bacharela em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestra em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFPB. Professora de Geografia da rede particular de ensino básico de João Pessoa. Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Riscos e Vulnerabilidade socioambiental.

Paulo Lopes Rodrigues

Licenciado e Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente. Mestre em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Técnico de Laboratório do Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades da (DGTH) da UFSCar, Campus de Sorocaba. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Clima Urbano e Clima e Saúde.

Raila Mariz Faria

Licenciada em Geografia pelo Centro de Ensino Superior do Seridó da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CERES - UFRN). Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia GEOCERES da UFRN. Integrante do Laboratório de Hidrografia, Climatologia e Cartografia (LAHICC) do CERES - UFRN. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia e Geotecnologias.

Rebecca Luna Lucena

Licenciada e bacharela em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA da UFPB. Doutora em Geografia pelo Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade de Brasília (UnB). Professora Adjunta do Departamento de Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CERES - UFRN). Coordenadora do Laboratório de Hidrografia, Climatologia e Cartografia (LAHICC) do CERES - UFRN e da Estação Climatológica do Seridó do Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET). Membro efetiva do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó – Piranhas - Açú (CBH-PPA), da Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB) e da Associação Brasileira de Climatologia (ABClima). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Aplicada, Hidroclimatologia e Biometeorologia.

Ticiano Moraes de Freitas

Graduando do Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Regional do Cariri (URCA). Integrante do Laboratório de Análise Geoambiental (LAGEO) da URCA. Bolsista de Iniciação Científica do Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica (IC-BPI) da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica e Climatologia Urbana.

