

# **Climas do Piauí: interações com o ambiente**



**Climas do Piauí:  
interações com o ambiente**

*Milcíades Gadelha de Lima*  
*Adolfo Martins de Moraes*  
*Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes*  
*Aderson Soares de Andrade Júnior*

**Organizadores**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Reitor

José Arimatéia Dantas Lopes

Vice-Reitora

Nadir do Nascimento Nogueira

Superintendente de Comunicação

Jacqueline Lima Dourado

Editor

Ricardo Alaggio Ribeiro

Revisão/Tratamento editorial: Lígia Maria Rolim Bandeira

Diagramação: John Kennedy Costa Pereira

EDUFPI - Conselho Editorial

Ricardo Alaggio Ribeiro (presidente)

Acácio Salvador Veras e Silva

Antonio Fonseca dos Santos Neto

Francisca Maria Soares Mendes

Solimar Oliveira Lima

Teresinha de Jesus Mesquita Queiroz

Viriato Campelo

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Piauí

Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco Serviço de Processamento Técnico

C639 Climas do Piauí: interações com o ambiente / Organização, Milcíades Gadelha de Lima... [et al.] - Teresina: Edufpi, 2020.  
144 p. : il.

Formato: livro digital

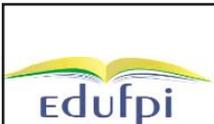
Modo de acesso: Word Wide Web

ISBN: 978-65-86171-80-8

1. Clima - Piauí. 2. Meio Ambiente. I. Lima, Milcíades Gadelha de. II. Moraes, Adolfo Martins de. III. Nunes, Luís Alfredo Pinheiro Leal. IV. Andrade Júnior, Aderson Soares de. V. Título.

CDD 574.5

Cabe aos autores a responsabilidade por seus respectivos textos, isentando os organizadores e a editora por Crime de Direito Autoral.



Editora da Universidade Federal do Piauí - EDUFPI Campus

Universitário Ministro Petrônio Portella CEP: 64049-550

Bairro Ininga - Teresina - PI - Brasil

*Todos os Direitos Reservados*



## **SOBRE OS AUTORES**

### **ADEODATO ARI CAVALCANTE SALVIANO**

Engenheiro-Agrônomo (UFC), M.Sc. em Agronomia/Ciência do Solo (UFRGS), D.Sc. em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ/USP). Experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo, com atuação, principalmente nos seguintes temas: degradação do solo, cerrado piauiense, adubação orgânica, atributos físicos do solo e erosão. Professor Associado III, aposentado da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

E-mail: [adeodatosalviano@gmail.com](mailto:adeodatosalviano@gmail.com)

### **ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR**

Engenheiro-Agrônomo (UFPI), M.Sc. em Agronomia / Irrigação e Drenagem (UNESP-Botucatu), D.Sc. em Agronomia / Irrigação e Drenagem (ESALQ/USP), pesquisador da Embrapa Meio-Norte, PI.

E-mail: [aderson.andrade@embrapa.br](mailto:aderson.andrade@embrapa.br)

### **ADOLFO MARTINS DE MORAES**

Engenheiro-Agrônomo (UFC), M.Sc. em Agronomia/Ciência do Solo (UFPI/TROPEN). Experiência na área de Agronomia, com ênfase em Gênese, Morfologia e Classificação de Solos, Manejo e Conservação do Solo, com atuação, principalmente nos seguintes temas: pedologia, degradação do solo, cerrado piauiense, adubação orgânica, atributos físicos do solo e erosão. E-mail: [adolfomoraes@gmail.com](mailto:adolfomoraes@gmail.com)

### **DALYA KETTY BARROS**

Engenheira-Agrônoma (UFPI), M.Sc. em Agronomia/Produção Vegetal (UFPI). Experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo, atuando, principalmente, nos seguintes temas: degradação do solo, sustentabilidade e semiárido.

E-mail: [dalyabarros@gmail.com](mailto:dalyabarros@gmail.com)

### **FERNANDO SILVA ARAÚJO**

Engenheiro-Agrônomo (UFPI), M.Sc. em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas (UFPI), D.Sc. em Agronomia (UNICAMP). Experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo e Microbiologia e Bioquímica do Solo, atuando, principalmente, nos

seguintes temas: indicadores de qualidade do solo, semiárido, degradação, sustentabilidade, desertificação. Professor Adjunto III da Universidade Estadual do Piauí. E-mail: [fernando@gmail.com](mailto:fernando@gmail.com)

### **JOSÉ CRISÓSTOMO GOMES DE OLIVEIRA**

Engenheiro-Agrônomo (UFC), M.Sc. em Agronomia (ESALQ/USP). Experiência na área de Agronomia, com ênfase em Nutrição Animal e Pastagens, com atuação, principalmente nos seguintes temas: cerrado piauiense, avaliação e perícias de engenharia; Perito Judicial junto à Vara Agrária da Comarca de Bom Jesus-PI, devidamente cadastrado no CPTEC – TJ-PI, bem como na Justiça Federal do Estado do Piauí. E-mail: [josecrisostomo04@gmail.com](mailto:josecrisostomo04@gmail.com).

### **LUÍS ALFREDO PINHEIRO LEAL NUNES**

Engenheiro-Agrônomo (UFC), M.Sc. em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas (UFC), D.Sc. em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas (UFV). Experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo e Microbiologia e Bioquímica do solo, atuando, principalmente, nos seguintes temas: indicadores de qualidade do solo, semiárido, degradação, sustentabilidade, desertificação. Professor Associado III da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

E-mail: [luisalfredo@ufpi.edu.br](mailto:luisalfredo@ufpi.edu.br)

### **MILCÍADES GADELHA DE LIMA**

Engenheiro-Agrônomo (UFRPE), M.Sc. em Agrometeorologia (ESALQ/USP), D.Sc. em Agronomia (ESALQ/USP). Experiência em Meteorologia e Climatologia. Professor Associado III, aposentado da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

E-mail: [gadelhaenator@gmail.com](mailto:gadelhaenator@gmail.com)

### **RAIMUNDO SANTOS MOURA**

Bacharel em Ciência da Computação (UFPI), M.Sc. em Ciência da Computação (UFPE), D.Sc. em Engenharia Elétrica e de Computação (UFRN). Experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Linguagens de Programação/Compiladores e no Processamento de Linguagens Naturais (PLN), atuando principalmente no tema: mineração de opiniões em descrições textuais. Professor Associado IV da Universidade Federal do Piauí (UFPI). E-mail: [rsm@ufpi.edu.br](mailto:rsm@ufpi.edu.br)

## APRESENTAÇÃO

Um grupo de professores da Universidade Federal do Piauí, juntamente com pesquisadores da Embrapa Meio-Norte e da SEPLAN, publica o livro intitulado *Climas do Piauí: interações com o ambiente*. A iniciativa compõe o conjunto de atividades realizadas nos últimos anos pelos autores.

Esta publicação responde a uma demanda das instituições envolvidas, para provocar uma reflexão crítica sobre o tema e sobre os desafios voltados às políticas de meio ambiente. O trabalho foi objeto de discussões técnicas ocorridas nas diversas instituições que lidam com esse tema.

No Capítulo 1, apresenta-se uma caracterização do estado do Piauí, com a distribuição dos seus elementos meteorológicos e os respectivos tipos climáticos nele encontrados, segundo as classificações climáticas de Köppen e Thornthwaite e Mather, com uma abordagem sobre as consequências do clima e das atividades agrícolas com a conservação do solo.

O Capítulo 2 refere-se ao tema erosividade causada pelas chuvas. Os elevados valores de erosividade observados em regiões tropicais são causados principalmente pelas chuvas convectivas, resultando, assim, em valores elevados de total precipitado e com grande intensidade e energia cinética das gotas de chuva. Esse fato tem sido especialmente preocupante para o Brasil, onde boa parte da economia depende da agricultura, e com o crescimento populacional aumenta a demanda de uso do solo, agravando mais o problema. Esses dados irão auxiliar no planejamento do uso e manejo do solo, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

Os Capítulos 3 e 4 abordam a caracterização do clima e dos recursos hídricos dos municípios de Pio IX, e Manoel Emídio, ambos neste estado. A partir de dados obtidos em postos de observação meteorológica de referência, foram determinados valores médios e extremos de elementos que permitiram classificar e avaliar o comportamento do clima durante determinado período naqueles municípios. As informações também contribuem para o planejamento de ações de monitoramento e na interpretação de seus resultados, como

por exemplo: na análise da direção predominante dos ventos, quando se deseja implantar turbinas para obter energia eólica, e na análise da qualidade dos recursos hídricos.

Os Capítulos 5 e 6 tratam de diagnóstico ambiental realizado em trechos urbanos do Rio Piauí, em São João do Piauí, PI, e do Rio Piracuruca, em Piracuruca, PI. O foco consistiu em diagnosticar, registrar e descrever os principais impactos ambientais incidentes sobre esses rios, realizando um levantamento em fragmentos da mata ciliar às margens dos trechos urbanos e indicar as áreas passíveis de recuperação da vegetação, incluindo sugestões de providências para redução dos danos ambientais neles observados.

**Os organizadores**

## PREFÁCIO

Faz exatamente 60 anos, neste ano de 2020, que a política ambiental começou a ser esboçada no Planeta com as ideias lançadas no histórico livro *Primavera silenciosa*, da bióloga Marinha Rachel Carson. Ali iniciavam-se os movimentos de defesa do meio ambiente, contrariando os acadêmicos enlevados com os avanços da química orgânica relacionados com as descobertas e aplicações de pesticidas.

No Brasil, as preocupações com a defesa do meio ambiente não vieram cedo, porque iriam contrariar os interesses econômicos de um País grande exportador de produtos primários. Os legisladores de então não entendiam o Estado como interventor em assuntos de meio ambiente, mesmo porque eles eram também produtores e exportadores de café e de açúcar.

Os interesses econômicos continuaram sobrepostos às preocupações ambientais, no Brasil, nos governos republicanos, de modo que somente na Constituição de 1988 é que foram atribuídas ao Estado e à sociedade obrigações em busca de um meio ambiente saudável e ecologicamente equilibrado. Por sua vez, o estado do Piauí seguia os passos determinados pela legislação federal, sem iniciativas e avanços de sua própria política ambiental.

A elaboração e lançamento deste livro, uma obra não inédita, traz sugestivos avanços nessa área e traduz a preocupação dos autores com a preservação do meio ambiente. Movimenta-se no sentido de mostrar a nossa riqueza natural, como luminosidade, calor, frio, chuvas, fatores de degradação do meio, principalmente a erosividade das chuvas. Neste aspecto, ganham força os estudos de erosividade das chuvas no município de Picos (semiárido); clima e recursos hídricos, no município de Manoel Emídio (zona de transição para o semiárido), e no município de Pio IX, situado numa das áreas mais secas do estado. Fechando o círculo, apresentam estudos de trechos urbanos dos Rios Piauí e Piracuruca afetados pela insensatez e incúria humana.

Essa distribuição de temas cobrindo o norte, sul e leste do estado completa um ciclo de estudos que se sugere conhecido em todos os setores da população. Um trabalho de fôlego enriquecedor da literatura científica do nosso estado.

É compreensível que o País, em particular o estado do Piauí, necessite incrementar a economia originária do setor primário. Os autores não negam tal prerrogativa, mas trazem à luz a certeza de que os bens naturais devem ser explorados de forma equilibrada e dentro dos princípios de precaução nos limites legais.

**Adolfo Martins de Moraes**

# SUMÁRIO

<b>SOBRE OS AUTORES</b> .....	5
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	7
<b>PREFÁCIO</b> .....	9

## **CAPÍTULO 1.**

Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo.  
*Milcíades Gadelha de Lima e Aderson Soares de Andrade Júnior* ..... 15

## **CAPÍTULO 2.**

Erosividade das chuvas no município de Picos, PI. *Dalya Ketty Barros, Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes, Milcíades Gadelha de Lima, Fernando Silva Araújo, Adeodato Ari Cavalcante Salviano, Raimundo Santos Moura* ..... 39

**CAPÍTULO 3.** Caracterização climática e recursos hídricos do município de Pio IX, PI. *Milcíades Gadelha de Lima e José Crisóstomo Gomes de Oliveira* ..... 55

## **CAPÍTULO 4.**

Caracterização climática e recursos hídricos do município de Manoel Emídio, PI. *Milcíades Gadelha de Lima e José Crisóstomo Gomes de Oliveira*..... 75

## **CAPÍTULO 5.**

Diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piauí, em São João do Piauí, PI. *Milcíades Gadelha de Lima, Adeodato Ari Cavalcante Salviano e Adolfo Martins de Moraes* ..... 95

## **CAPÍTULO 6.**

Diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piracuruca, em Piracuruca, PI. *Adolfo Martins de Moraes, Milcíades Gadelha de Lima, Adeodato Ari Cavalcante Salviano*..... 123



## **CAPÍTULO 1**

Climas do estado do Piauí e suas relações com a  
conservação do solo



# CAPÍTULO 1

## Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo

*Milcíades Gadelha de Lima  
Aderson Soares de Andrade Júnior*

### 1 INTRODUÇÃO

O estudo do clima e o conhecimento das necessidades dos cultivos agrícolas e das atividades da pecuária ajudam a compreender a relação entre eles e a estabelecer estratégias alternativas de desenvolvimento dos trabalhos, para evitar perdas e danos.

A produção de alimentos no meio rural está diretamente relacionada às condições de clima, de solo e das práticas agrícolas adotadas, tipos de cultivos a utilizar, pois as práticas agrícolas são diretamente dependentes dos fatores clima e solo, este na condição de substrato da agricultura. A relação entre clima e agricultura tem sua importância ampliada porque sem água e sem temperatura adequada, os processos agrícolas são prejudicados em quase sua totalidade. A zona ideal da temperatura para desenvolvimento da agricultura situa-se entre 26 °C e 34 °C (Galvani, 2014).

A severidade de eventos climatológicos extremos, principalmente chuvas e temperatura, as quais orientam o andamento das atividades, incluindo os tratos culturais e o combate a doenças e pragas, determina o bom ou mau andamento das atividades agrícolas, porquanto afeta a produção agrícola de várias formas, principalmente na orientação do andamento das atividades, incluindo os tratos culturais e combate a doenças e pragas.

Chuvas em excesso causam perdas ou redução drástica na produção agrícola; temperaturas elevadas também causam redução da produção agrícola, por interferir no ciclo fenológico das culturas e no desenvolvimento de órgãos vitais das plantas, sem esquecer as influências que podem causar no desenvolvimento da fotossíntese, processo que necessita da radiação solar.

Quando ocorrem déficits hídricos, as cultivares de ciclo tardio tendem a ser prejudicadas com significativas perdas de produtividade e da qualidade dos produtos, situação que poderá ser agravada pelo tipo de solo no qual as culturas estão instaladas. Solos de textura arenosa podem ampliar esse agravamento de tal situação, pelas baixas condições de retenção de água e, geralmente, excessos de drenagem interna.

Na primeira parte deste capítulo, apresenta-se uma caracterização do estado do Piauí. Na segunda, a distribuição dos elementos meteorológicos. A terceira, os tipos climáticos encontrados no estado do Piauí, segundo as classificações climáticas de Köppen e Thornthwaite e Mather, com uma abordagem sobre as consequências do clima e atividades agrícolas com a conservação do solo.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DO PIAUÍ

O Estado do Piauí está localizado no noroeste da região Nordeste e tem como limites: Oceano Atlântico (N), Ceará e Pernambuco (L), Bahia (S e SE), Tocantins (SO) e Maranhão (O e NO) (Figura 1). Ocupa uma área de 252.378 km<sup>2</sup>, correspondendo a 2,9% do território brasileiro. Situa-se entre as coordenadas de 02°44'49" e 10°55'05" de latitude Sul e entre 40°22'12" e 45°59'42" de longitude Oeste. O efeito continentalidade se reflete no clima.



**Figura 1.** Localização do estado do Piauí na região Nordeste.

### **3 CLIMA CARACTERÍSTICO DO PIAUÍ**

Os fatores climáticos como as massas de ar, associados aos fatores geográficos latitude, relevo e natureza do solo, definem as condições que serão encontradas no estudo da precipitação, temperatura do ar e conseqüentemente no balanço hídrico (deficiência hídrica e excedente hídrico) do estado.

O comportamento e a variação dos elementos citados é que darão condições para a aplicação das classificações climáticas de Köppen e Thornthwaite.

Em face de sua posição geográfica, esse estado é considerado uma típica zona de transição climática entre o Nordeste semiárido e a Amazônia úmida.

Os sistemas climáticos que atuam neste estado são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Linhas de Estabilidade Tropical (LIT), provenientes da Amazônia Oriental. Fenômenos que ocorrem com frequência e com intensidades como o “El Nino” e “La Nina” também influenciam sobre as precipitações no estado (MMA/SRH, 2006).

### **4 DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS**

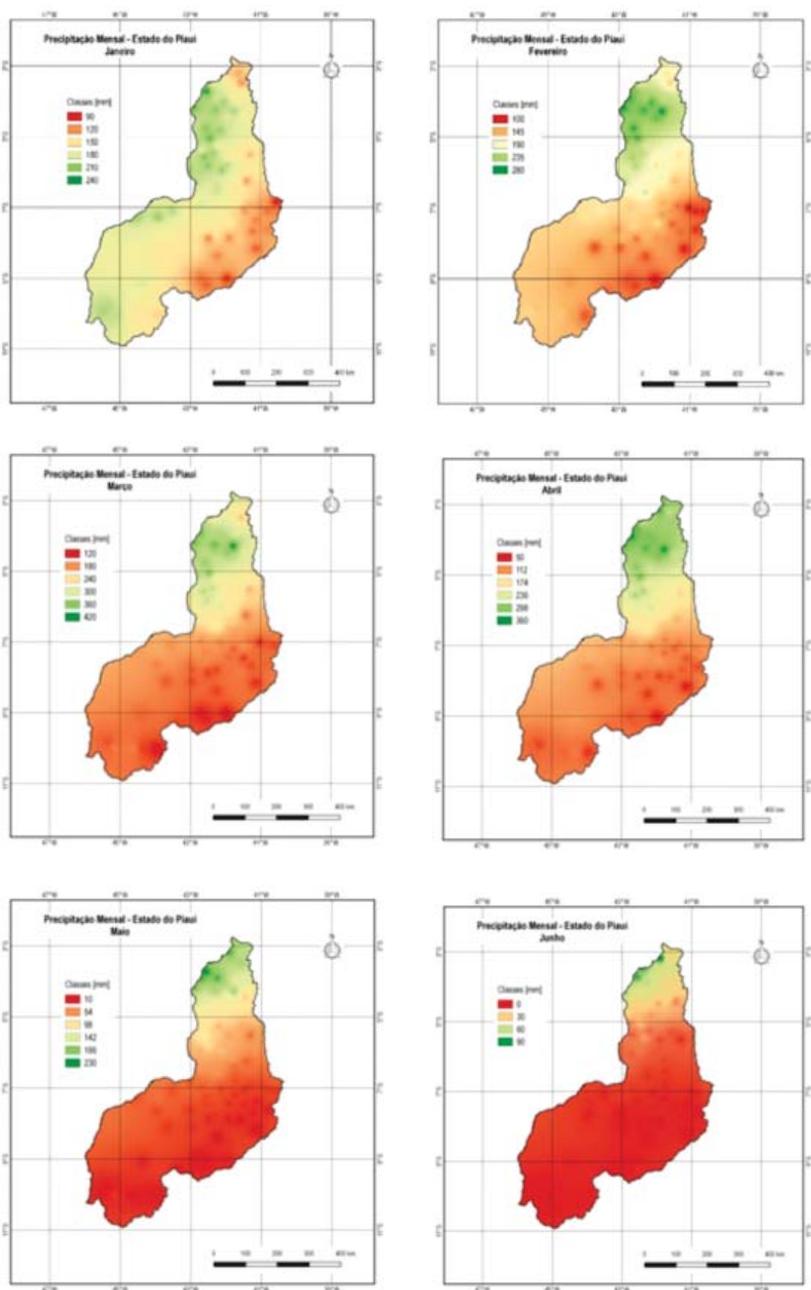
#### **4.1 PRECIPITAÇÃO<sup>1</sup>**

O estudo da precipitação, quando realizado para auxiliar as pesquisas pedológicas, deve atingir um caráter mais amplo face à importância como elemento formador do solo. Áreas com totais elevados de precipitação deverão se apresentar com solos mais profundos e desenvolvidos, mais ácidos e menos férteis, (JACOMINE et al., 1986).

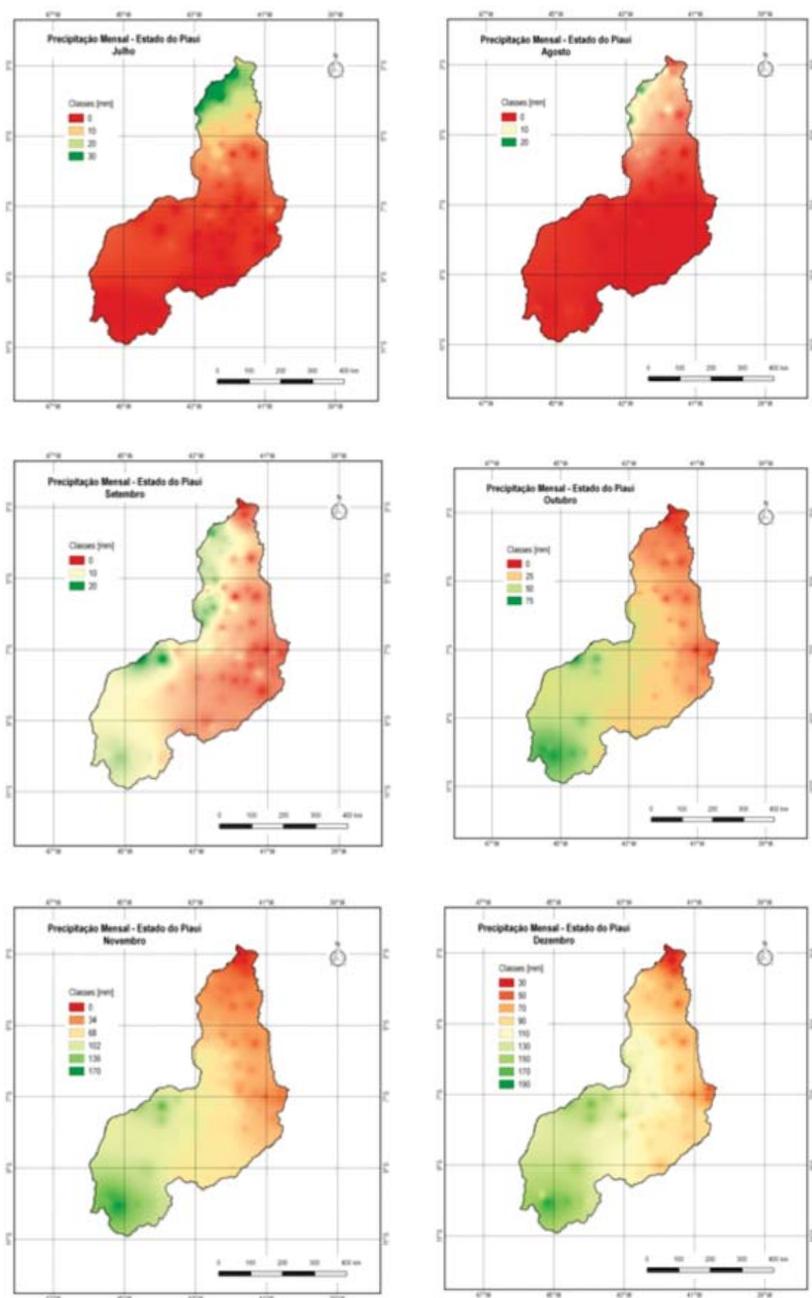
A distribuição da precipitação média mensal no estado do Piauí pode ser visualizada nas Figuras 2 e 3.

---

<sup>1</sup> Os dados pluviométricos mensais utilizados no estudo foram publicados pela SEMAR/PI (2019), para o Estado do Piauí, abrangendo 222 postos pluviométricos, com 20 ou mais anos de registros completos.



**Figura 2.** Precipitação média mensal de janeiro a junho no estado do Piauí.  
 Fonte: SEMAR/PI (2019).



**Figura 3.** Precipitação média mensal de julho a dezembro no estado do Piauí.  
 Fonte: SEMAR/PI (2019).

### **4.1.1 Regime de precipitação**

De acordo com o comportamento das massas de ar predominantes, ficam definidos no estado do Piauí dois regimes de precipitação: o equatorial marítimo e o equatorial continental.

#### **- Equatorial Marítimo**

Este regime se caracteriza pela grande capacidade de penetração até maiores altitudes e pela grande instabilidade. Nele são frequentes as nuvens convectivas, de grande influência na redução da radiação solar que atinge a superfície, respondendo pela variação na temperatura observada no período anterior à estação chuvosa.

#### **- Equatorial Continental**

Este regime ocorre antes do regime Equatorial Marítimo e tem influência sobre a maioria dos municípios pertencentes à bacia do Rio Canindé. Define para esta região o período compreendido entre janeiro e março como o trimestre mais chuvoso do ano. Este regime é condicionado pela massa amazônica úmida e instável que alcança a região no período do verão.

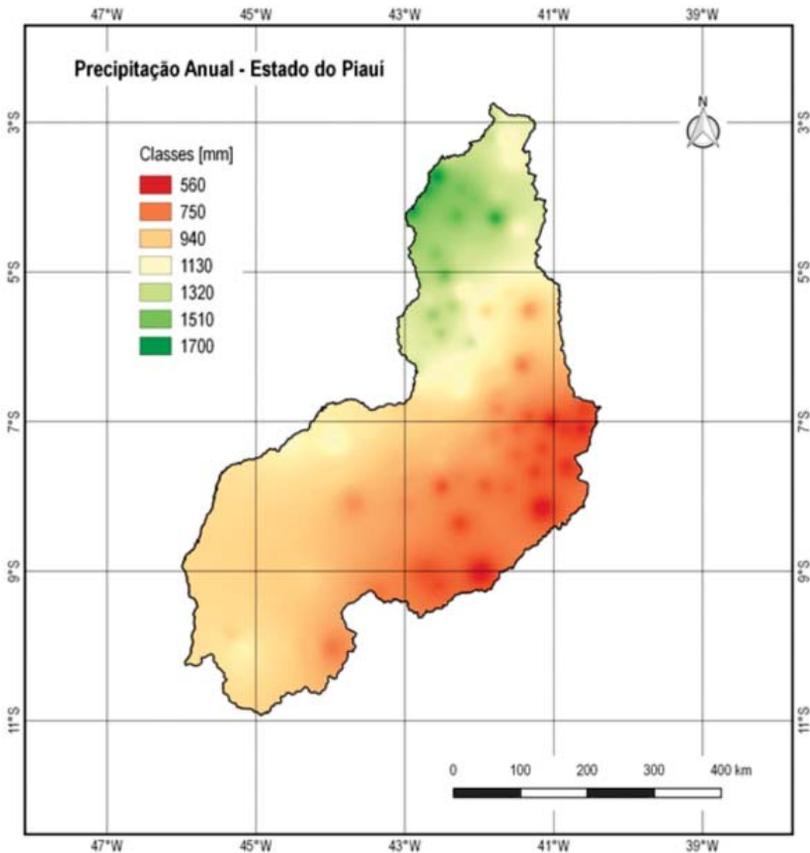
O deslocamento das massas polares para o Norte também exerce influência na região em estudo. No entanto, essas massas polares já chegam enfraquecidas e não produzem efeitos muito significativos, devendo, possivelmente, responder pelas quedas de temperaturas registradas até o paralelo correspondente a Teresina. Além desses fatores, é frequente a ocorrência de chuvas decorrentes de fenômenos transientes, como os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e Centros de Baixa Pressão e, também, de efeitos orográficos (JACOMINE et al.1986, pág. 13).

### **4.1.2 Precipitação média anual**

O estado do Piauí é muito heterogêneo do ponto de vista da pluviometria, por apresentar seu caminho entre o Nordeste setentrional, o Nordeste meridional, o Centro-Oeste e o Meio-Norte (Figura 4).

A frequência de chuvas diminui à medida que se avança para a região sudeste do estado, porém, níveis anuais médios de precipitação

abaixo de 800 mm são encontrados apenas em 35% do território piauiense, coincidindo com o Semiárido (CGEE, 2017).



**Figura 4.** Caracterização da pluviometria no estado do Piauí.

Fonte: SEMAR (2019).

#### 4.1.3 Trimestre mais chuvoso

A definição do trimestre mais chuvoso é fundamental, porque da época de sua ocorrência depende a efetividade da precipitação a ser considerada quando se tem por objetivo a determinação da aptidão agrícola das terras (Brasil, 1969).

Conforme descrito no item 3.1.1 - regime de precipitação -, o regime continental antecede o marítimo, definindo para as partes

centrais e extremas sul do estado, respectivamente, os trimestres janeiro-fevereiro-março (JFM) e dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) como os mais chuvosos. Como o regime marítimo se localiza no hemisfério sul, a partir de janeiro, o trimestre fevereiro-março-abril (FMA) se apresenta como o mais chuvoso (Figura 5).

A massa Equatorial Atlântica Norte (mEn) que procede do hemisfério Norte, passa para o hemisfério Sul em janeiro e atinge o máximo de sua descida em março, quando retorna, de forma mais lenta, ao hemisfério de origem, poderá provocar no extremo norte do estado, nas áreas mais próximas do litoral, um período mais chuvoso em março-abril-maio (MAM).

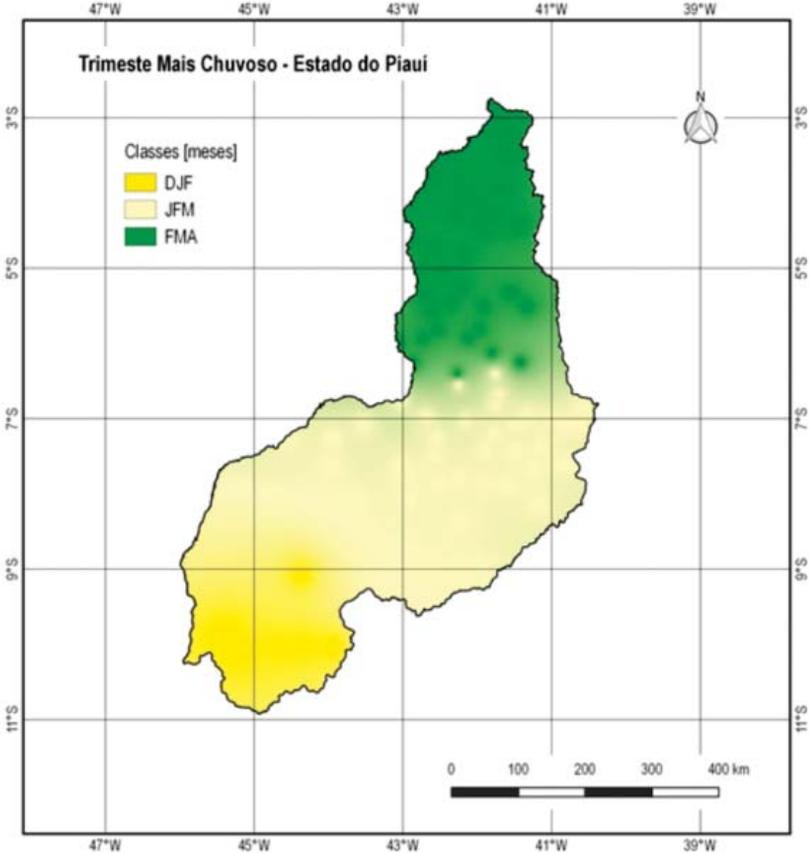
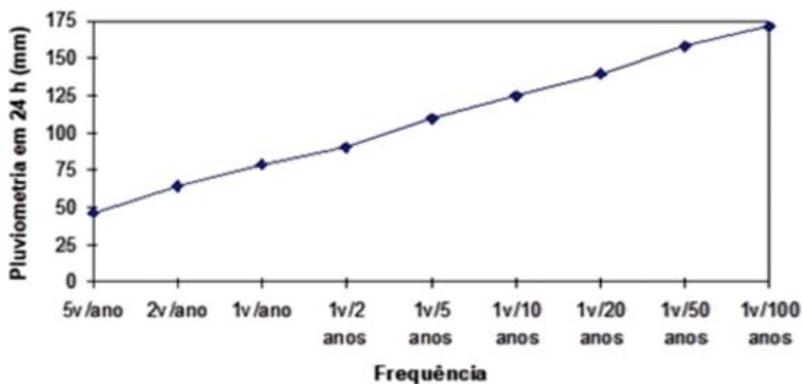


Figura 5. Trimestre mais chuvoso no Estado do Piauí.

#### 4.1.4 Chuvas intensas máximas em 24 horas

Questões relacionadas ao impacto ambiental decorrentes de chuvas intensas têm sido motivo de grande preocupação para técnicos e administradores ligados ao planejamento e à ocupação do espaço geográfico, seja ele rural ou urbano (MELLO et al., 1994). O conhecimento da chuva diária máxima provável é importante para trabalhos de conservação do solo, estradas, barragens, irrigação e drenagem, para cujo dimensionamento adequado é necessário conhecer ocorrências extremas (VIEIRA et al., 1977). Por exemplo, o dimensionamento de terraços deve levar em conta o valor da chuva diária máxima provável no cálculo do volume de água que será armazenado no canal do terraço, a fim de evitar a destruição de obras de alto custo e importância.

A Figura 6 foi utilizada como exemplo para determinar, de maneira simples, o total das precipitações em 24 horas, e a frequência com que as mesmas ocorrem no município de Teresina, PI. Por exemplo, um total de chuva em 24 horas inferior a 47 mm é esperado ocorrer cinco vezes por ano. No entanto, 91 mm em 24 horas ocorrem somente uma vez a cada dois anos.



**Figura 6.** Precipitação em 24 horas, em função do período de retorno.

Fonte: adaptado de Molinier et al. (1994).

## 4.2 TEMPERATURA DO AR

De acordo com o comportamento das massas de ar predominantes, o estado do Piauí é caracterizado por dois regimes de precipitação: o equatorial marítimo e o equatorial continental. No regime equatorial marítimo as nuvens convectivas têm grande influência na redução da radiação solar que atinge a superfície, respondendo pela variação da temperatura do ar observada antes do período chuvoso.

Os dados referentes a este elemento meteorológico, que em conjunto com outras variáveis meteorológicas, têm efeitos significativos no processo de formação do solo e também sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em animais e plantas.

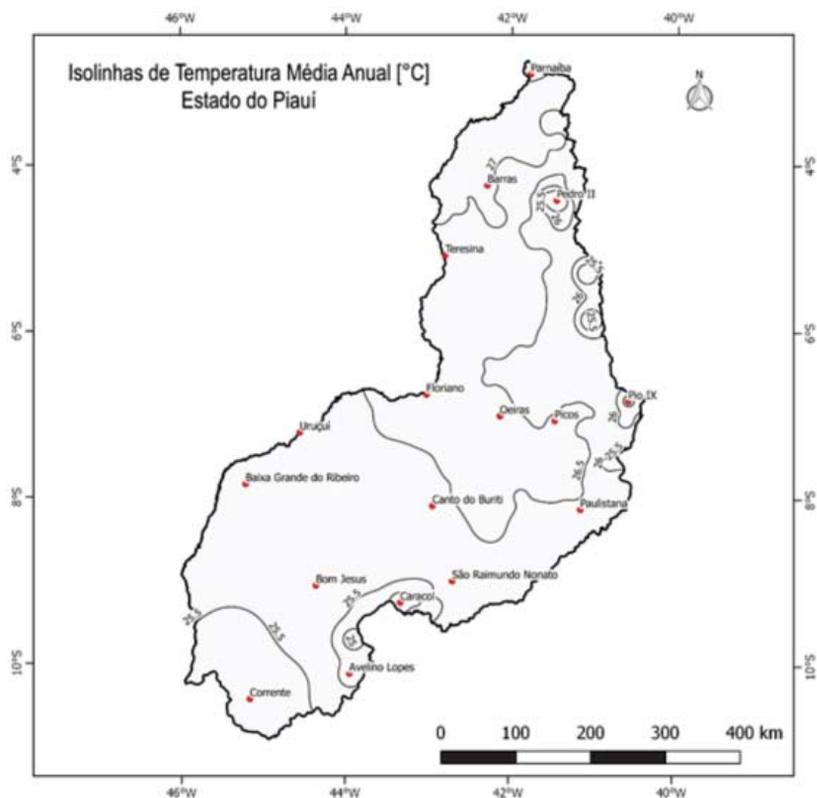
A variação das temperaturas do ar, em sua distribuição espacial, depende da latitude associada à altitude, da mesma forma que, com relação às estações do ano, depende da evolução da nebulosidade e do efeito regulador do oceano.

### 4.2.1 Temperatura média anual do ar

Na análise relativa à temperatura média anual do ar (Figura 7), verificam-se valores anuais que variam de 27,9 °C (Caldeirão Grande do Piauí) a 25,0 °C (Pedro II), que passa a ser influenciado pela altitude. Na distribuição espacial, passa a predominar o relevo, fazendo com que as temperaturas maiores correspondam às partes mais baixas, com as isolinhas de 27 °C. Os municípios de Parnaíba, Luzilândia, Matias Olímpio, Porto, José de Freitas, Teresina e outras áreas com idênticas condições deverão apresentar-se com valores próximos (27,0 °C) (Lima e Assunção, 2002).

Quanto à altitude, o efeito sobre a temperatura média do ar é evidente. Nas cotas altimétricas acima de 500 metros, as temperaturas médias anuais situam-se abaixo de 25 °C. O efeito de altitude é responsável pelas menores temperaturas do ar em Assunção do Piauí, Buriti dos Montes, Caracol, Dirceu Arcoverde, Fartura do Piauí, Guaribas, Marcolândia e Pedro II.

Em geral, as maiores médias da temperatura do ar à superfície acontecem na estação do verão e as menores na estação do inverno.



**Figura 7.** Isolinhas de temperatura média anual do ar no Estado do Piauí.

### 4.3 Umidade relativa do ar (%)

A umidade relativa do ar no estado, registrada pelos postos do INMET, apresenta uma média anual de 65%. A Estação de Bom Jesus registra a menor média anual de 41,3% e a de Parnaíba registra a maior, 85,0% de média anual.

Observando-se o Quadro 1, percebe-se que a Estação de Parnaíba apresenta os maiores índices de umidade relativa do ar. Ressalta-se, ainda, que os maiores índices registrados ocorrem no primeiro semestre, entre os meses de fevereiro e maio, com o mês de abril apresentando-se com os maiores índices de umidade relativas do ar.

Quadro 1. Umidade relativa do ar (%)

Estações	Mês											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Bom Jesus	75,2	77,3	76,6	74,4	64,3	56,7	50,1	41,3	42,0	54,5	66,7	70,9
Floriano	80,0	81,0	82,0	76,0	71,0	63,0	52,0	48,0	46,0	56,0	69,0	74,0
Parnaíba	77,0	81,0	83,0	85,0	83,0	78,0	71,0	72,0	69,0	70,0	70,0	72,0
Paulistana	64,7	64,9	73,5	70,1	61,6	54,8	52,6	42,9	42,4	44,3	48,1	57,2
Picos	69,0	70,0	77,0	76,0	67,0	52,0	53,0	47,0	42,0	45,0	45,0	58,0
Teresina	75,0	83,0	83,0	84,0	81,0	72,0	65,0	59,0	56,0	58,0	60,0	64,0

Fonte: Normais Climatológicas do INMET (1961-1990).

#### 4.4 INSOLAÇÃO

O Quadro 2 mostra o número médio de horas de exposição ao sol e sua distribuição mensal nas estações meteorológicas de Bom Jesus, Floriano, Parnaíba, Paulistana, Picos e Teresina. Em escala anual, a insolação nas estações situa-se em torno de 2.585 a 2.956 horas, com os meses de menor insolação àqueles correspondentes ao período chuvoso, devido à presença de nebulosidade.

Quadro 2. Insolação total nas estações meteorológicas (horas e décimos).

Estações	Mês											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Bom Jesus	75,2	77,3	76,6	74,4	64,3	56,7	50,1	41,3	42,0	54,5	66,7	70,9
Floriano	80,0	81,0	82,0	76,0	71,0	63,0	52,0	48,0	46,0	56,0	69,0	74,0
Parnaíba	77,0	81,0	83,0	85,0	83,0	78,0	71,0	72,0	69,0	70,0	70,0	72,0
Paulistana	64,7	64,9	73,5	70,1	61,6	54,8	52,6	42,9	42,4	44,3	48,1	57,2
Picos	69,0	70,0	77,0	76,0	67,0	52,0	53,0	47,0	42,0	45,0	45,0	58,0
Teresina	75,0	83,0	83,0	84,0	81,0	72,0	65,0	59,0	56,0	58,0	60,0	64,0

Fonte: Normais Climatológicas do INMET (1961-1990).

#### 4.5 NEBULOSIDADE

A nebulosidade caracteriza-se por dois regimes distintos, a nebulosidade máxima ocorre nos meses de novembro a março, atingindo seu registro máximo (8,0 décimas partes) na Estação de Floriano nos meses de janeiro a março e maio. O período de junho a agosto apresenta nebulosidade média mensal bastante reduzida,

chegando a registrar em agosto, na Estação de Paulistana, nebulosidade de 1,3 décima parte, como pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3. Nebulosidade registrada nas estações meteorológicas (0 -10).

Estações	Mês											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Bom Jesus	6,6	6,6	6,9	5,7	4,3	3,4	3,3	3,3	4,4	5,7	6,1	6,5
Floriano	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	4,0	3,0	3,0	4,0	6,0	7,0	7,0
Parnaíba	6,0	7,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0
Paulistana	4,8	4,8	4,8	3,6	2,9	2,3	1,7	1,3	2,2	2,8	3,5	4,4
Picos	6,0	6,0	6,0	5,0	4,0	3,0	3,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0
Teresina	6,8	6,7	6,9	6,7	4,6	3,3	2,9	2,9	3,3	4,3	4,9	5,8

Fonte: Normais Climatológicas do INMET (1961-1990).

#### 4.6 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Os valores de evapotranspiração de referência mensal foram estimados pelo método de Thornthwaite (1948), segundo Gomes et al. (2002).

Na Figura 8, visualiza-se a evapotranspiração no estado do Piauí, distribuída por classes (mm), com variação de 1.100 mm a 1.800 mm por ano.

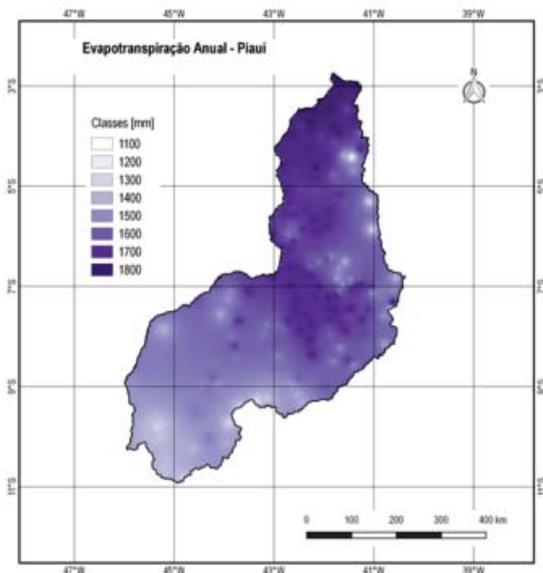


Figura 8. Evapotranspiração anual no Estado do Piauí.

## 5 DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS CLIMAS

### 5.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN

A classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, tendo sido por ele aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (daí o nome Köppen-Geiger).

A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente. Assim, os limites entre regiões climáticas foram delimitados para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresentam elevada correlação.

Na determinação dos tipos climáticos de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Cada grande tipo climático é representado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos e subtipos considerados. Contudo, a classificação de Köppen-Geiger, em certos casos não distingue entre regiões com biomas muito distintos.

Como ponto de referência, são mencionados aqui os cinco tipos básicos de climas definidos por Köppen:

“ Tipo A: clima tropical; “ Tipo B: clima árido; “ Tipo C: clima temperado ou temperado quente; “ Tipo D: clima continental ou temperado frio; “ Tipo E: clima glacial. Os tipos A C e D subdividem-se em função da distribuição sazonal das precipitações; Aw, Cw e Dw quando as chuvas ocorrem no verão e a estação seca é no inverno, e Af, Cf e Df quando a chuva está homogeneamente distribuída ao longo do ano. Os tipos B e E são definidos em função do grau da estiagem e do frio, usando-se neste caso letras maiúsculas: BS é a estepe semiárida e BW é o clima desértico.

Segundo a classificação de Köppen, o estado do Piauí apresenta três tipos de clima (Figura 9):

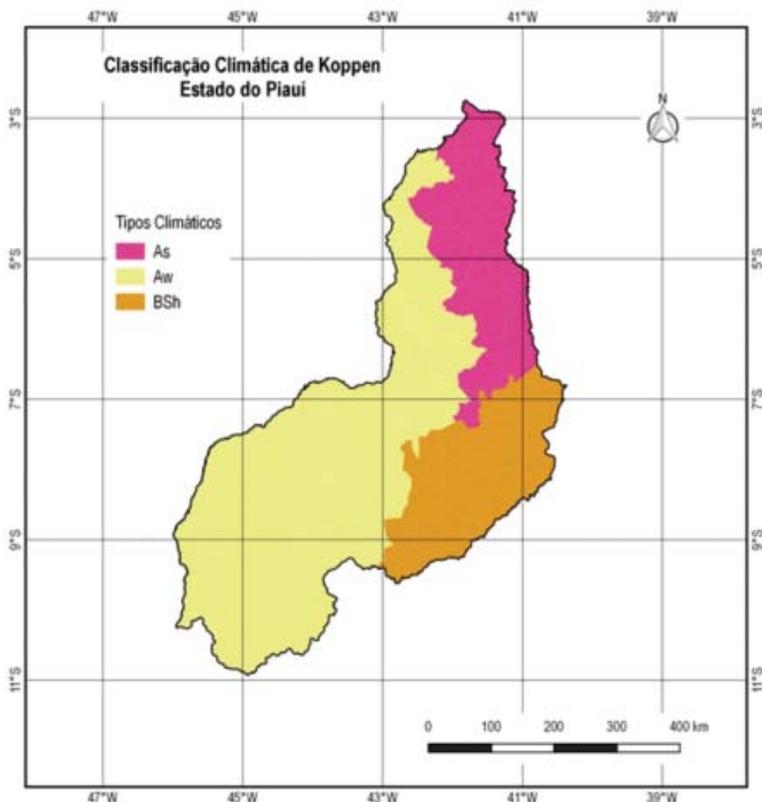
“ As - quente e úmido com chuvas de verão/outono que ocorrem no norte do Estado, como resultado dos deslocamentos sazonais da Convergência Intertropical (CIT), sob a forma de massa de ar convectiva. A estação chuvosa dessa região estende-se de janeiro a maio, com os meses fevereiro/março/abril formando o trimestre mais chuvoso (Figura 5) e agosto/setembro/outubro o trimestre mais seco (Figura 3);

“ Aw - quente e úmido, com chuvas de verão que atingem o centro-sul e sudoeste do estado. As chuvas são determinadas pela massa Equatorial Continental (EC) de ar quente e nevoento responsável pela ocorrência de precipitações em forma de aguaceiros. O período chuvoso dá-se de novembro a março e as precipitações pluviométricas variam de 1.000 mm a 1.400 mm, ocorrendo principalmente em dezembro/janeiro/fevereiro. O trimestre junho/julho/agosto é o mais seco;

- BSh - semiárido, caracterizado por curta estação chuvosa no verão, resulta da diminuição das precipitações oriundas da massa de ar Equatorial Continental (EC), de oeste para leste, acarretando aumento da duração do período seco no leste e sudeste do estado.

No Semiárido, as secas se manifestam com maior frequência e intensidade, com impactos mais acentuados, afetando a produção agrícola e o abastecimento de água como pode ser visualizado na Figura 2.

As precipitações pluviométricas variam de 400 mm a 1.000 mm; a estação chuvosa no período de dezembro a abril, em especial, no trimestre janeiro/fevereiro/março e os meses de julho/agosto/setembro, os mais secos.



**Figura 9.** Classificação climática proposta por Köppen para o estado do Piauí.  
 Fonte: Alvares et al. (2014).

## 5.2 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PROPOSTA POR THORNTHWAITE E MATHER (1955)

A classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) utiliza uma escala de índices climáticos definidos com base no balanço hídrico climatológico (BHC) – índice hídrico, índice de aridez e índice de umidade – constituindo uma das metodologias mais clássicas de regionalização climática (Figura 10).

Os cálculos dos balanços hídricos climatológicos e dos índices climáticos, índice de aridez, índice hídrico e índice de umidade (equações 1 a 3), foram processados conforme Thornthwaite e Mather (1955), assumindo a capacidade de água disponível (CAD) do solo

igual a 100 mm, por meio de um aplicativo desenvolvido em Access (ANDRADE JÚNIOR, 2009).

$$Ih = \frac{EXC}{ETP} \times 100 \quad (1)$$

$$Ia = \frac{DEF}{ETP} \times 100 \quad (2)$$

$$Iu = Ih - Ia \quad (3)$$

em que:

Ih: índice hídrico; Ia: índice de aridez; Iu: índice de umidade; EXC: excedente hídrico oriundo do BHC (mm); DEF: deficiência hídrica oriunda do BHC (mm); ETP: evapotranspiração de referência ou potencial (mm).

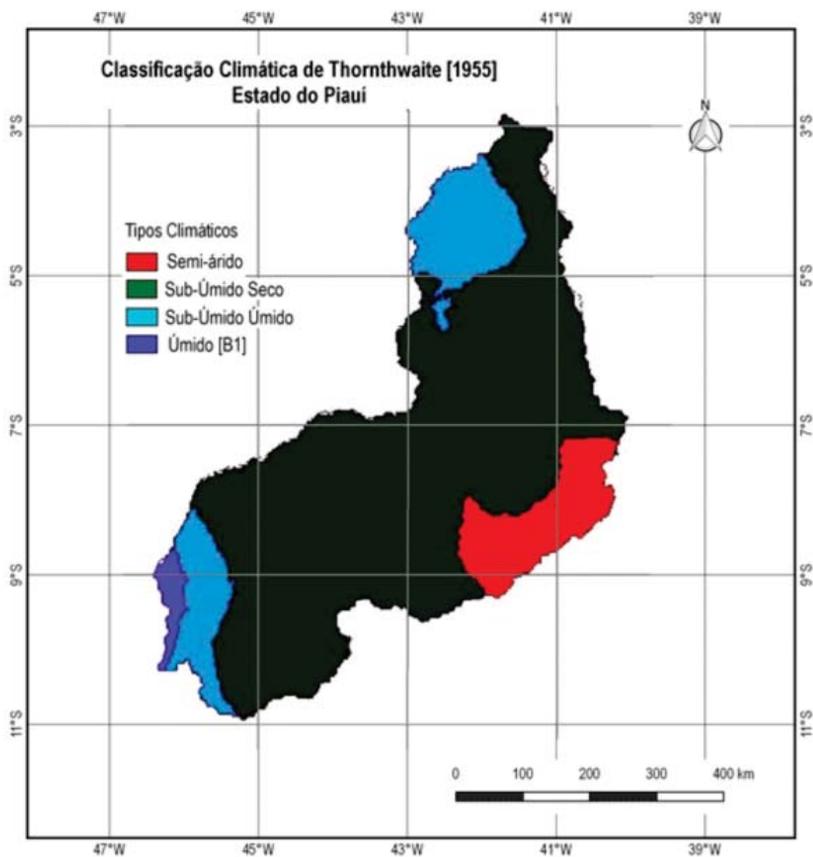
Os índices de umidade (Tabela 1) foram geoespacializados, usando-se o SIG – Spring (CÂMARA et al., 1996), permitindo a geração de um mapa de classificação climática.

**Tabela 1.** Tipos climáticos, baseados no índice de umidade, segundo Thornthwaite e Mather (1955).

Tipos climáticos	Índice de umidade (Iu)
A – Superúmido	100 = Iu
B <sub>4</sub> – Úmido	80 = Iu < 100
B <sub>3</sub> – Úmido	60 = Iu < 80
B <sub>2</sub> – Úmido	40 = Iu < 60
B <sub>1</sub> – Úmido	20 = Iu < 40
C <sub>2</sub> – Subúmido	00 = Iu < 20
C <sub>1</sub> – Subúmido seco	-33,3 = Iu < 00
D – Semiárido	-66,7 = Iu < -33,3
E – Árido	-100 = Iu < -66,7

**Tabela 2.** Percentagem da área e número de municípios do estado do Piauí nos diferentes domínios climáticos, segundo os critérios de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955).

Tipo climático	Área (%)	Municípios (Nº)
D	11,16	31
C <sub>1</sub>	72,20	163
C <sub>2</sub>	15,76	28
B <sub>1</sub>	00,37	0



**Figura 10.** Classificação climática do estado do Piauí, segundo Thornthwaite e Mather (1955).

Fonte: Andrade Júnior et al. (2005).

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEC, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711–728, 2013.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 2, p. 143-151, maio/ago., 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Atlas Climatológico do Brasil**: reedição de mapas selecionados. Rio de Janeiro, 1969. 100p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba**. Brasília: MMA, 2006. 184p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Climatológicas (1961–1990)**. Brasília, DF, 1992. 84p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Brasília, 2006.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers and Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

GALVANI, E. **Temperatura do ar e do solo**. Disponível em: [http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio\\_Emerson/Minicurso\\_Emerson\\_Galvani.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/Minicurso_Emerson_Galvani.pdf). Acesso em: 12 jun. 2019.

GOMES, A. A. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. M. Estimativa da evapotranspiração de referência mensal para o Estado do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: UFBA/SBEA. 1 CD-ROM.

JACOMINE, P. K. T. (coord.). **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986. 2 v. 782p. (Boletim de pesquisa, 36).

LIMA, M. G.; ASSUNÇÃO, H. F. **Estimativa da temperatura do ar no Piauí**. Teresina: UFPI, 2002. 48p.

MELLO, M. H. A.; ARRUDA, H. V.; ORTOLANI, A. A. Probabilidade de ocorrência de totais pluviais máximos horários, em Campinas - São Paulo. **Revista IG**, São Paulo, v. 15, n. 1/2, p. 59-67, 1994.

MOLINIER, M.; ALBUQUERQUE, C. H. C.; CADIER, E. **Análise da pluviometria e isoietas homogêneas do Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE/DPG/PRN/HME, 1994. 58p. (Hidrologia, 32).

PIAUI. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano estadual de recursos hídricos**: relatório síntese. Diagnóstico e prognóstico das disponibilidades hídricas das bacias hidrográficas - RTP-6. Diagnóstico referencial consolidado sobre os Recursos Hídricos no Estado do Piauí. SEMAR. Teresina, 2010, 198 p. Disponível em: [http://www.semar.pi.gov.br/download/201605/SM06\\_578985b1e1.pdf](http://www.semar.pi.gov.br/download/201605/SM06_578985b1e1.pdf). Acesso em: 08 jun. 2019.

PIAUI. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Banco de dados pluviométricos do Estado do Piauí**. 2019.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n.1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology: Drexel Institute of Technology**, New Jersey, v. 8, n. 1, p. 1-86, 1955.

VIEIRA, L. S. **Manual de ciência do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 467p. 1975.



## **CAPÍTULO 2**

Erosividade das chuvas no município de Picos, PI



## CAPÍTULO 2

### Erosividade das chuvas no município de Picos, PI

*Dalya Ketty Barros, Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes, Milcíades Gadelha de Lima, Fernando Silva Araújo, Adeodato Ari Cavalcante Salviano, Raimundo Santos Moura*



## 1 INTRODUÇÃO

Os elevados valores de erosividade observados em regiões tropicais são causados principalmente pelas chuvas convectivas, resultando, assim, em valores elevados de total precipitado e com grande intensidade e energia cinética das gotas de chuva (Mohtara *et al.*, 2015; Sholagberu *et al.*, 2016). Esse fato tem sido especialmente preocupante para o Brasil, onde boa parte da economia depende da agricultura, e com o crescimento populacional aumenta a demanda de uso do solo, agravando mais o problema.

A erosão promove a quebra da estrutura do solo, desprendimento e o transporte das partículas com consequente carreamento dos nutrientes e matéria orgânica, cuja magnitude do

processo é influenciada pela chuva, infiltração de água, topografia do terreno, cobertura vegetal e a natureza do solo (Bertoni e Lombardi Neto, 2005). As estimativas de perda de solo por erosão hídrica e a época onde ocorre o pico são importantes informações na definição de melhores estratégias de uso e manejo do solo em dada região (Waltrick *et al.*, 2015).

A equação universal de perda de solo (EUPS) é atualmente o modelo matemático mais amplamente aplicado para estimar a perda de solo, e estima perdas médias anuais de solo a partir da erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento e grau de declividade da encosta, manejo e cobertura do solo e práticas conservacionistas (Mello *et al.*, 2006). Entre esses fatores, erosividade (R) é a capacidade potencial da chuva em causar erosão em função principalmente da intensidade e de energia cinética (Mohtara *et al.*, 2015; Sholagberu *et al.*, 2016), variando, portanto, de uma região para outra.

As estimativas da erosividade e sua variabilidade espacial permitem decidir sobre a melhor estratégia de uso e manejo de solo em função do tipo de solo e topografia, bem como de adoção de práticas conservacionistas de suporte, como cultivo em nível e terraceamento, para que perdas de solo por erosão sejam mínimas (Hickmann *et al.*, 2008).

O município de Picos está localizado no centro sul do estado, no Território de Desenvolvimento Vale do Rio Guaribas, semiárido piauiense. Em relação ao relevo, as chapadas, que representam grande parcela da superfície total do município, são entalhadas por vales com fundo chato e topografia suavemente inclinada que são aproveitados para a agricultura, uma importante fonte de economia do município, o que predispõe a um elevado risco de perda de solos, causadas pelas chuvas intensas e pela inexpressiva proteção oferecida pela cobertura vegetal de caráter caducifólio típico do bioma Caatinga (Barbosa *et al.*, 2007).

Este trabalho tem como objetivo caracterizar as chuvas naturais do município de Picos, PI, durante um período de 7 anos, selecionar a erosividade, ou seja, o fator R da EUPS, além de determinar o padrão e período de retorno. Esses dados irão auxiliar no planejamento do uso e manejo do solo, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando-se dados do município de Picos, PI, com superfície de 535 km<sup>2</sup>, localizado no semiárido piauiense, situado entre as coordenadas geográficas latitude 07° 04' 37" S, longitude 41° 28' 01" O e altitude de 206 m. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo semiárido, muito quente, apresentando uma temperatura média anual do ar de 27,2 °C.

Foram utilizados os registros pluviográficos diários da Estação Meteorológica do município de Picos, PI que se encontram nos arquivos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (3° DISME), em Recife, PE, os quais foram agrupados em anos.

Foram avaliadas chuvas, registradas em pluviogramas diários, do período de 2006 a 2016, com falhas nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2015, em função da ausência de dados nesses anos. Os diagramas apresentam uma amplitude de registro de 10 mm de precipitação, com precisão de 0,1 mm e o tempo de registro de 24 horas, com unidade de 10 minutos. Os registros de chuva nos pluviogramas foram contados considerando os segmentos de intensidade uniforme.

O índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) foi determinado para cada chuva individual e para chuva classificada como erosiva. Foram consideradas chuvas individuais erosivas aquelas separadas da anterior e da posterior por um período mínimo de 6 h sem chuva ou com chuvas de até 1 mm durante esse período. Já as chuvas com lâminas igual ou superior a 10 mm foram consideradas erosivas (Wischmeier, 1976). Os dados de cada segmento de chuvas individuais e erosivas foram anotados em planilha do Excel e, por meio do programa Chuveros, foram estimadas as erosividades médias mensal e anual das chuvas pelo índice de erosividade ( $EI_{30}$ ).

Para cada segmento uniforme de chuva foi determinada a energia cinética unitária, conforme Wischmeier & Smith (1958), definida pela equação 1:

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log_{10} I \quad (1)$$

em que: EC é a energia cinética unitária (MJ ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>); e, I é a intensidade da chuva (mm ha<sup>-1</sup>)

A energia cinética total da chuva erosiva individual é definida pela equação 2:

$$Ec_t = \sum EC_s \quad (2)$$

Em que: EC é a energia cinética total das chuvas erosivas individuais (MJ ha<sup>-1</sup>);  $\sum EC_s$  é o somatório de energia cinética de cada segmento da chuva (MJ ha<sup>-1</sup>);

A erosividade da chuva é expressa pelo índice EI<sub>30</sub>, por meio da equação 3:

$$EI_{30} = ECt \times I_{30} \quad (3)$$

em que:

EI<sub>30</sub> é o índice da chuva erosiva individual (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>);

ECt é a energia cinética total da chuva (MJ ha<sup>-1</sup>);

I<sub>30</sub> é a intensidade máxima da chuva em período contínuo de 30 min de chuva (mm h<sup>-1</sup>).

Somando-se os índices EI<sub>30</sub> de todas as chuvas individuais e erosivas de cada mês, obteve-se a erosividade mensal das chuvas e a partir da soma dos valores mensais obteve-se a erosividade anual, cujo valor médio corresponde ao valor utilizado no Fator R da equação EUPS.

Para determinar o padrão da chuva foi utilizado o programa Chuveros, onde cada chuva foi separada de acordo com os padrões de chuvas avançada, intermediária e atrasada. No padrão avançado, o pico de maior intensidade ocorre no início do período de duração da precipitação (1/3); padrão intermediário - o pico de maior intensidade ocorre no meio (1/2); e padrão atrasado - o pico de maior intensidade ocorre no fim.

A caracterização do fator R da EUPS requer o cálculo do índice de erosividade das chuvas (EI<sub>30</sub>). Em seguida, foram calculados o período de retorno e a probabilidade de ocorrência da erosividade anual. Conforme sugerido por Schwab *et al.* (1981), o período de retorno é definido pela equação 4:

$$T = (N + 1)/m \quad (4)$$

Em que:

T é o período de retorno (anos);

N é o número de anos de registro de dados;

m é o número de ordem do índice erosividade da série considerada (a erosividade é colocada em ordem decrescente de magnitude).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica de Picos. O índice pluviométrico variou de 311,90 mm em 2012 a 911,3 mm no ano de 2006 e a precipitação média anual observada foi de 549 mm concentrada nos meses de janeiro a abril, valor abaixo da média climatológica que é de 684,2 mm preconizada por Ramos et al. (2009), com um desvio padrão de 224,44. O coeficiente de variação foi de 0,41 próximo ao obtido por Santos e Montenegro (2012) em pesquisa realizada em condições climáticas semelhantes no Agreste Central pernambucano. Esta variação interanual é bem característica do semiárido nordestino e difere de outros regimes climáticos com maior pluviosidade, que mostram valores bem inferiores, conforme estudos realizados em diversas regiões no sul e sudeste do País (Cassol *et al.*, 2008; Mazurana *et al.*, 2009; Schick *et al.*, 2014).

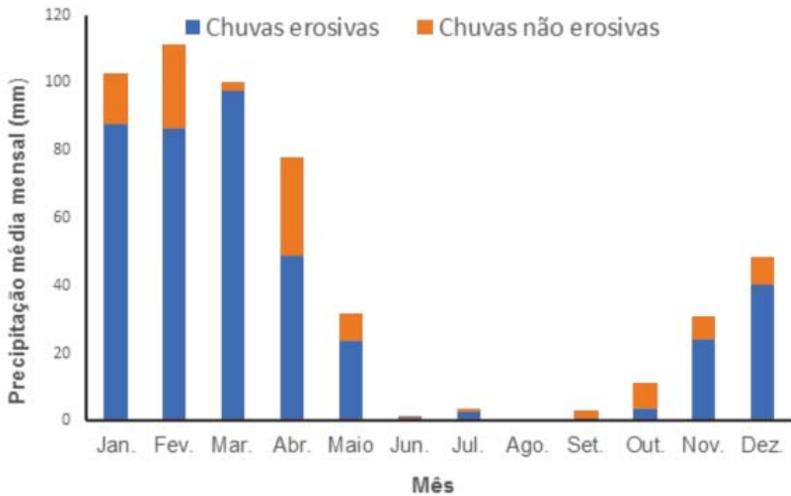
**Tabela 1.** Precipitações mensal e anual de Picos, PI no período de 2006 a 2016.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
2006	65,1	221,8	193,6	190,8	41,2	0,0	0,0	0,0	10,8	19,8	14,5	153,7	911,3
2007	95,1	202,4	94,9	63,8	46,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	32,9	30,1	568,6
2008	88,9	75,0	287,8	138,4	14,2	0,0	0,0	1,1	2,4	0,9	2,9	141,8	753,4
2012	49,5	75,1	47,4	12,7	7,1	1,8	0,0	0,0	0,0	0,6	103,9	13,8	311,9
2013	73,9	8,8	69,9	68,5	67,0	8,6	1,0	0,0	0,0	1,3	16,2	0,0	315,2
2014	28,4	109,6	99,7	64,1	11,2	0,2	23,8	0,0	0,0	43,8	35,6	0,0	416,4
2016	319,3	86,3	97,0	5,9	32,6	0,0	0,0	0,0	7,7	8,8	10,3	0,0	567,9
MEDIA	102,89	111,29	127,19	77,74	31,36	1,51	3,54	0,16	2,99	11,2	30,9	48,49	549,24
DP	98,11	75,58	84,23	66,23	21,9	3,19	8,94	0,42	4,46	15,93	34,27	68,76	224,
CV	0,95	0,68	0,66	0,85	0,70	2,11	2,52	2,65	1,49	1,42	1,11	1,42	0,4

DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação (%).

A precipitação média mensal dividida em chuvas erosivas e não erosivas pode ser visualizada na Figura 1. Foram analisadas 442 chuvas. Desse total, 131 foram consideradas chuvas erosivas, representando 29,64%. Verifica-se uma maior concentração de chuvas erosivas no período de janeiro a março onde são necessários maiores cuidados em relação ao manejo do solo, visando minimizar os impactos

causados pela erosão hídrica, principalmente pelo fato de que neste período ocorrem o preparo do solo e a semeadura.



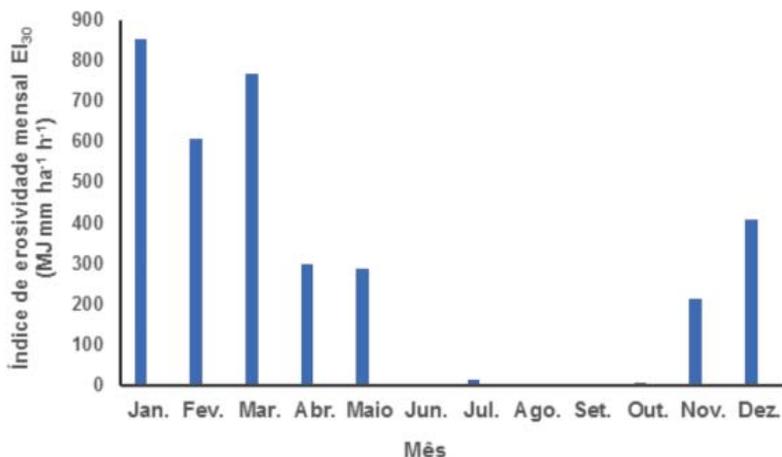
**Figura 1.** Precipitação média mensal dividida em chuvas erosivas e não erosivas.

Conforme Tabela 2 e Figura 2, no período em estudo, a erosividade mensal variou de zero, nos meses em que não ocorreram chuvas erosivas, a  $2.624,4 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , no mês de janeiro de 2016. Os maiores valores de erosividade médios mensais obtidos concentraram-se entre os meses de janeiro e março, representando 64,36 % da erosividade média anual. Já o menor valor médio obtido foi zero nos meses de agosto e setembro. Verificou-se que a erosividade mensal média foi de  $288 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

**Tabela 2.** Valores ( $\text{MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) mensais e médios da erosividade ( $\text{EI}_{30}$ ) de Picos, PI com as respectivas estatísticas de dispersão no período de 2006 a 2016.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
2006	1066,5	1779,2	1280,1	669,6	192,9	0,00	0,00	0,00	0,00	35,1	29,00	1484,2	544,71
2007	1464,9	770,60	1108,3	410,2	426,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	109,7	105,8	366,30
2008	264,60	193,50	1878,4	453,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1273,1	338,61
2012	67,70	252,70	65,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1242,2	0,00	135,7
2013	431,40	0,00	250,10	0,00	1290,4	20,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	166,06
2014	44,30	776,30	398,40	558,3	0,00	0,00	88,1	0,00	0,00	21,80	76,20	0,00	163,61
2016	2624,4	485,00	385,40	0,00	107,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,00	0,00	303,29
Media	851,97	608,19	766,64	298,8	288,1	2,99	12,6	0,00	0,00	8,13	213,4	409,0	288,33
DP	944,50	592,92	665,25	291,3	468,0	7,90	33,3	0,00	0,00	14,4	455,4	666,31	344,94
CV	1,11	0,97	0,87	0,97	1,62	2,65	2,65	0,00	0,00	1,77	2,13	1,63	1,36

DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação (%)



**Figura 2.** Variabilidade temporal mensal do fator R.

A intensidade da erosividade tende a aumentar com a precipitação, fato que se justifica por serem os meses de janeiro a março, devido às características climáticas regionais, com maior atuação dos vários sistemas atmosféricos causadores de chuva na área de estudo (Oliveira *et al.*, 2012 a). Nesse período, ocorre a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte com os ventos alísios do Hemisfério Sul,

associado a estes sistemas há intensa atividade convectiva e precipitação (Ferreira e Mello, 2005), sendo o mesmo o principal sistema causador de chuvas no Nordeste.

Na pesquisa realizada por Santos e Montenegro (2012) com o objetivo de avaliar o índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) das chuvas do Agreste Central pernambucano, considerando uma série de 29 anos de dados, ficou patente que o primeiro semestre do ano é caracterizado pela ocorrência de chuvas de elevado potencial erosivo, sendo os meses de fevereiro e março os que apresentaram maiores erosividades. Por sua vez, Almeida *et al.* (2017), realizando a modelagem da dependência espacial e mapeando o índice de erosividade das chuvas ( $EI_{30}$ ) em nove estados na região semiárida do Brasil, encontraram os maiores valores médios de erosividade de  $482 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  no mês de março. Ademais, Cabral *et al.* (2014) verificaram que os meses de março e abril foram os que apresentaram os maiores índices de erosividade de chuvas em 12 cidades no sertão central do Ceará. Por outro lado, foram encontrados valores médios maiores para os municípios de São Borja, RS ( $1.269 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (Cassol *et al.*, 2008); Dourados, MS ( $2.560 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (Oliveira *et al.*, 2012 b) e Lages, SC ( $1.533 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (Schick *et al.*, (2014), com diferentes regimes climáticos.

No total de chuvas erosivas, 76 foram do perfil avançado, 32 de perfil intermediário e 23 de perfil atrasado, correspondendo a 58,01; 24,43 e 17,56 % do total de chuvas erosivas avaliadas, respectivamente (Tabela 3). A maior ocorrência de chuvas no padrão avançado é uma situação favorável, visto que ao iniciar a chuva o solo encontra-se com pouca umidade, possibilitando uma maior absorção de água (Eltz *et al.*, 2013). Nesta situação, a desagregação, o selamento superficial e o transporte de sedimentos serão menores do que os demais padrões (Mehl *et al.* 2001).

**Tabela 3.** Padrões de chuvas avançada, intermediária e atrasada de Picos, PI.

Padrão	Nº de chuvas		Média anual			
	erosivas		Chuva erosiva		Erosividade	
	Absoluto	%	Total (mm)	%	MJ mm ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	%
Avançada	76	58,01	267,1	64,19	2.350,4	67,94
Intermediária	32	24,43	92,9	22,33	732,6	21,18
Atrasada	23	17,56	56,1	13,48	376,5	10,88
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>100</b>	<b>416,1</b>	<b>100</b>	<b>3.459,5</b>	<b>100</b>

No padrão avançado choveu um total de 267,1 mm com uma erosividade de 2.350,4 MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> que corresponde a 67,94% do total. A ocorrência de chuvas de alta intensidade é característica da região semiárida, conforme registros semelhantes observados nas bacias experimentais de Sumé e de São João do Cariri, localizadas no estado da Paraíba (Santos *et al.*, 2007).

No padrão atrasado, apesar de possuir menor frequência, a intensidade de precipitação atinge valores de erosividade elevados, chegando a 376,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, que ocorre normalmente quando o solo se encontra com maior umidade (em relação aos outros padrões), favorecendo a desagregação e as perdas de partículas com maior intensidade (Bazzano *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2010).

Conforme a Tabela 4, os valores da erosividade anual variaram de 1.628,3 MJ mm ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> no ano de 2012 a 6.536,60 MJ mm ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> no ano de 2006. A erosividade média anual (fator R) foi de 3.459,97 ± 1.755,21 MJ mm ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e o coeficiente de variação foi de 51%. Os resultados da análise da erosividade das chuvas nas terras secas do Piauí mostraram que o valor médio anual encontrado para a área de estudo foi de 5.153 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, variando de 3.316 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> a 6.877 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Aquino *et al.*, 2006), valores parecidos aos encontrados nesta pesquisa.

**Tabela 4.** Erosividade total ( $EI_{30}/\text{ano}$ ) e erosividade média (R) de Picos, PI, no período de 2006 a 2016.

<b>Ano</b>	<b><math>EI_{30}</math> (MJ mm ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>)</b>
2006	6.536,6
2007	4.395,8
2008	4.063,5
2012	1.628,3
2013	1.992,8
2014	1.963,3
2016	3.639,5
<b>Total</b>	<b>24.219,8</b>
Erosividade média (R)	3.459,97
DP	1.755,21
CV	51%

DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação (%).

Com base na classificação de Foster *et al.* (1981), o valor de 3.459,97 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> da erosividade (fator R) do município de Picos, PI, é considerado moderado, tornando-se necessário uma maior atenção às práticas agrícolas que promovem a movimentação do solo alterando as condições superficiais do solo. Por outro lado, outros estudos mostraram valores de erosividade referentes às classes moderada a forte e forte (Dias e Silva, 2003; Panagos et al., 2015; Waltrick et al., 2015). No entanto, a precipitação pluviométrica desses municípios não os enquadra no Semiárido.

Na Tabela 5, encontram-se os valores do período de retorno e a probabilidade de ocorrência dos valores dos índices anuais de erosividade. Verifica-se que para o maior índice de erosividade anual observado (6.536,6 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) o valor do período de retorno e da probabilidade de ocorrência determinada foi, respectivamente, de 8 anos e 12,5%. Da mesma forma, os valores para a menor erosividade (1.628,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) foram de 1,14 anos e de 87,50%. Prevê-se que o valor médio anual de erosividade, 3.639,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, ocorra, aproximadamente a cada 2 anos, com probabilidade de 50%.

**Tabela 5.** Período de retorno e probabilidade de ocorrência dos valores de  $EI_{30}$  em Picos, PI.

Ano	$EI_{30}$ MJ mm ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Período de retorno (ano)	Probabilidade de ocorrência (%)
2006	6.536,6	8,00	12,50
2007	4.395,8	4,00	25,00
2008	4.063,5	2,67	37,50
2016	3.639,5	2,00	50,00
2013	1.992,8	1,60	62,50
2014	1.963,3	1,33	75,00
2012	1.628,3	1,14	87,50

#### 4 CONCLUSÕES

O padrão de chuva de maior ocorrência no Município de Picos,PI, é o avançado, seguido do intermediário e atrasado, com 67,94, 21,18 e 10,88 % dos totais de chuvas erosivas analisados, respectivamente.

O período de janeiro a março é caracterizado pela ocorrência de chuvas de elevado potencial erosivo.

O valor médio anual de erosividade é de 3.639,5 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>1</sup>, com um período de retorno de 2 anos, com probabilidade de ocorrência de 50 %.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q.; SOUZA, R. M. S.; LOUREIRO, D. C.; PEREIRA, D. R.; CRUZ, M. A. S.; VIEIRA, J. S. Modelagem da dependência espacial do índice de erosividade das chuvas no semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 371-379, 2017.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Estimativa de erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 3, p. 287-291, 2006.

BARBOSA, M. P.; MORAES NETO, J. M.; FERNANDES, M. F.; SILVA, M. J. Estudo da degradação das terras - município de Picos – PI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2007.

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1205-1217, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.

CABRAL, L. J. R. S.; VALLADARES, G. S.; AQUINO, C. M. S. Erosividade das chuvas em parte do Alto Curso do Rio Banabuiú – Sertão Central do Ceará. **Revista Equador**, v. 3, n. 2, p. 51-61, 2014.

CARVALHO, D. F.; MACHADO, R. L.; EVANGELISTA, A. W. P.; KHOURY JÚNIOR, J. K.; SILVA, L. D. B. da. Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices de erosividade EI30 e KE > 25 em Seropédica – RJ. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 244-252, 2010.

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M. DE.; LIMA, V. S.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1239-1251, 2008.

DIAS, A. S.; SILVA, J. R. C. A erosividade das chuvas em Fortaleza, CE: distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno 1ª aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 335-345, 2003.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B.; AMORIM, A. R. S. S.; Potencial erosivo e característica das chuvas de São Gabriel, RS, 1963 a 1993.

**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 647-654, 2013.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-25, 2005.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

HICKMANN, C.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; COGO, C. M. Erosividade das chuvas Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 825-831, 2008.

MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C.; ELTZ, F. L. F.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 975-983, 2009. Suplemento.

MEHL, H. U.; ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; DIDONE, I. A. Caracterização dos padrões de chuva ocorrente em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 485-493, 2001.

MOHTARA, Z. A.; YAHAYAA, A. S.; AHMADA, F. Rainfall erosivity estimation for Northern and Southern peninsular Malaysia using Fourneir indexes. **Procedia Engineering**, v. 125, n. 1, p.1 79-184, 2015.

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brasil: a review. **Catena**, v. 100, n. 1, p. 139-147, 2012a.

OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E. Spatial variability of the rainfall erosive potential in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 69-79. 2012b.

PANAGOS, P.; BALLABIO, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; KLIK, A.; ROUSSEVA, S.; TADIÆ, M. P.; MICHAELIDES, S.; HRABALÍKOVÁ, M.; OLSEN, P.; AALTO, J.; LAKATOS, M.; RYMSZEWICZ, A.; DUMITRESCU, A.; BEGUERÍA, S.; ALEWELL, C. Rainfall erosivity in Europe. **Science of the Total Environment**, v. 511, p. 801-814, 2015.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília: INMET, 2009. 465p.

SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; SRINIVASAN, V. S. Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semiárido da Paraíba. **Okara: Geografia em Debate**, v. 1, n. 1, p. 16-32, 2007.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 871-880, 2012.

SCHWAB, G. O.; FREVERT, R. K.; EDMINSTER, T. W.; BARNES, K. K. **Soil and water conservation engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 525p.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erosividade das chuvas de Lages, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, n. 6, p. 1890-1905, 2014.

SHOLAGBERU, A. T.; MUSTAFA, M. R. U.; YUSOF, K. W.; AHMAD, M. H. Evaluation of Rainfall-Runoff erosivity factor for Cameron Highlands, Pahang, Malaysia. **Journal of Ecological Engineering**, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2016.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do paraná pelo método da pluviometria: atualizao com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 256-267, 2015.

WISCHMEIER, W. H. Use and misuse of the Universal Soil Loss equation. **Journal Soil Water Conservation**. v. 31, n.1, p. 5-9, 1976.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transaction American Geophysical Union**, v.3 9, n. 2, p. 285-291, 1958.

## **CAPÍTULO 3**

**Caracterização climática e recursos hídricos do  
município de Pio IX, PI**



## CAPÍTULO 3

### Caracterização climática e recursos hídricos do município de Pio IX, PI

*Milcíades Gadelha de Lima e José Crisóstomo Gomes de Oliveira*



#### 1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Pio IX é um município piauiense localizado na região leste do estado. Dista cerca de 126 km da cidade de Picos, e em linha reta a distância é de 99 km. O tempo estimado do percurso entre as duas cidades é de, aproximadamente, **1 h 40 min**". **O município de Pio IX está localizado na interseção das coordenadas de 06°50'15" de latitude Sul e de 40°34'45" longitude Oeste**, estando a uma altitude de 495 metros. Possui uma área de 1.949,212 km<sup>2</sup>.

De acordo com o IBGE Cidades (2017), Pio XI apresenta 14.9% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 91.7% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 9.5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com outros municípios do estado, fica na posição 87 de 224, 39 de 224 e 3 de 224, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 3987 de 5570, 1321 de 5570 e 2849 de 5570, respectivamente.

Sua população estimada em 2018 era de 18.389 habitantes. A população do último censo (2010) era de 17.671 pessoas, com uma densidade demográfica (2010) de 9,08 hab/km<sup>2</sup>.

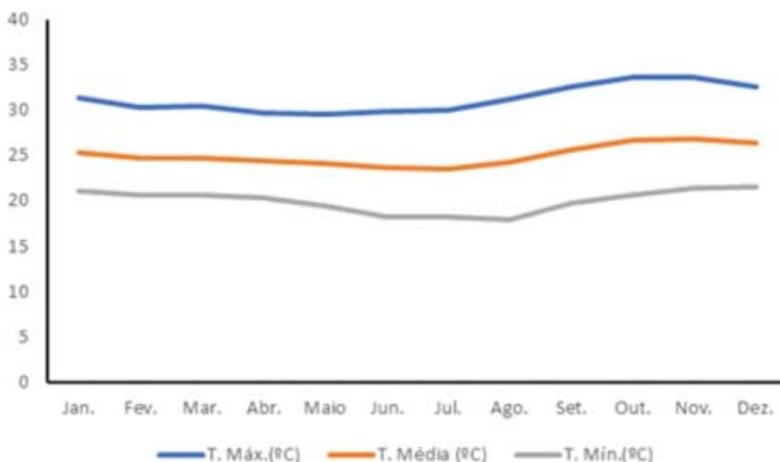
## 1.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO

Segundo a classificação climática de Köppen, o município de Pio IX possui um clima do tipo BShw - semiárido, caracterizado por curta estação chuvosa no verão. A precipitação média anual é de 684,2 mm (94 anos), com a estação chuvosa concentrada no período de dezembro a abril, em especial, no trimestre janeiro/fevereiro/março. Os meses de julho/agosto/setembro são os mais secos.

Em Pio IX, a estação com precipitação é abafada e de céu encoberto; a estação seca é de ventos fortes e de céu parcialmente encoberto. Durante o ano inteiro, o clima é quente. Ao longo do ano, em geral, a temperatura média do ar varia de 23,6 °C (*julho*) a 26,8 °C (*novembro*), A temperatura média anual é de 25,1 °C.

### 1.1.1 Temperatura do ar

A *estação quente* permanece por 4 meses, de *setembro* a *dezembro*, com temperatura máxima média diária acima de 32 °C. Os meses mais quentes do ano são *outubro* e *novembro*, cuja temperatura máxima média é de 31,3 °C e a mínima média é de 20 °C (*Figura 1*).



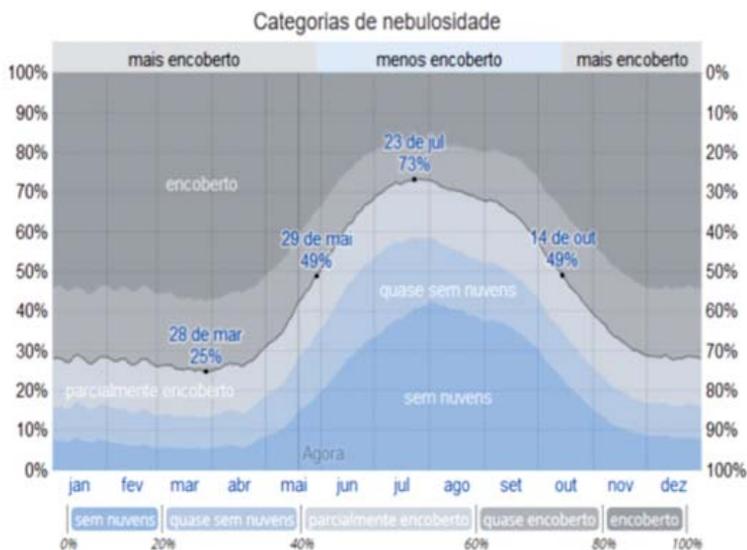
**Figura 1** Temperaturas máximas (linha azul) e mínimas (linha cinza) médias (°C). A linha amarela representa as temperaturas médias correspondentes.

### 1.1.2 Nebulosidade (Nuvens)

Em Pio IX, a percentagem média de céu encoberto por nuvens sofre *significativa* variação sazonal ao longo do ano.

A época *menos encoberta* do ano em Pio IX começa por volta de *29 de maio* e dura *4,5 meses*, terminando em torno de *14 de outubro*. Em *23 de julho*, o *dia menos encoberto* do ano, o céu permanece *sem nuvens, quase sem nuvens ou parcialmente encoberto* durante 73% do tempo e *encoberto ou quase encoberto* durante 27% do tempo.

A época *mais encoberta* do ano começa por volta de *14 de outubro* e dura *7,5 meses*, terminando em torno de *29 de maio*. Em *28 de março*, o *dia mais nublado* do ano, o céu permanece *encoberto ou quase encoberto* durante 75% do tempo e *sem nuvens, quase sem nuvens ou parcialmente encoberto* durante 25% do tempo.



Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

**Figura 2.** Porcentagem de tempo passada em cada faixa de nebulosidade, categorizada pela porcentagem de céu encoberto por nuvens.

### 1.1.3 Precipitação

É considerado *dia com precipitação* aquele com precipitação mínima líquida ou equivalente a líquida de *um milímetro*. A probabilidade de dias com precipitação em Pio IX varia acentuadamente ao longo do ano.

A *estação de maior precipitação* dura 4,1 meses, de 29 de dezembro a 1º de maio, com probabilidade acima de 28% de que um determinado dia tenha precipitação. A probabilidade máxima de um dia com precipitação é de 56%, em março.

A *estação seca* dura 7,9 meses, de maio a dezembro. A probabilidade mínima de um dia com precipitação é de 0% em 17 de agosto.

Nos dias com precipitação, distinguem-se aqueles que apresentam *somente chuva*, *somente neve* ou uma *mistura* de ambas. Com base nessa classificação, a forma de precipitação mais comum ao

longo do ano é de *chuva*, com probabilidade máxima de 56% em *de março*.



Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

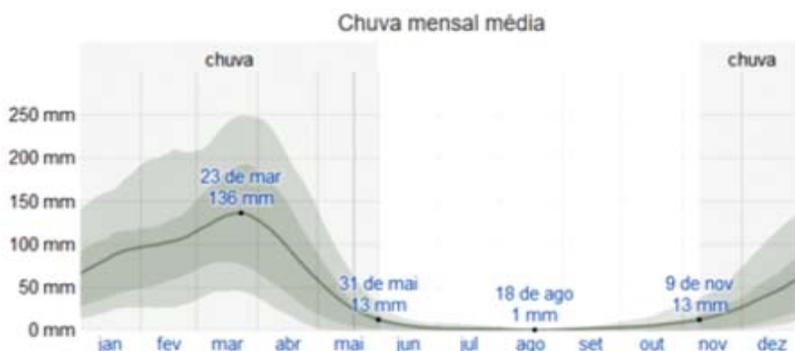
**Figura 3.** Porcentagem de dias em que vários tipos de precipitação são observados, exceto por quantidades desprezíveis: só chuva, só neve e mista (chuva e neve no mesmo dia).

### 1.1.3.1 Chuva

Para demonstrar a variação entre os meses e não apenas os totais mensais, é mostrada a precipitação de chuva acumulada durante um período contínuo de 31 dias ao redor de cada dia do ano. Pio IX tem variação sazonal *extrema* na precipitação mensal de chuva.

O período *chuvoso* do ano dura *6,7 meses*, de *novembro* a *maio*. O *máximo de chuva* ocorre durante os 31 dias do mês *de março*, com acumulação total média de *136 milímetros*.

O período *sem chuva* do ano dura *5,3 meses*, de *maio* a *novembro*. O *mínimo de chuva* ocorre no mês *de agosto*, com acumulação total média de *um milímetro*.



Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

**Figura 4.** Precipitação média (linha contínua) acumulada durante o período contínuo de 31 dias ao redor do dia em questão, com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil. A linha fina pontilhada corresponde à precipitação média de neve equivalente a líquido.

### 1.1.4 Insolação

A duração do dia em Pio IX varia durante o ano cerca de 31 minutos a mais ou a menos de 12 horas. O dia mais curto do ano é 21 de junho, com 11 horas e 44 minutos de luz solar. O dia mais longo é 22 de dezembro, com 12 horas e 31 minutos de luz solar.



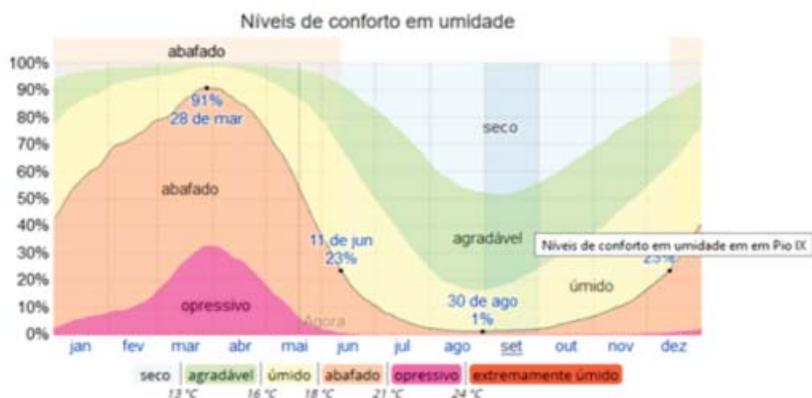
Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

**Figura 5.** Número de horas em que o sol é visível (linha preta). De baixo (mais amarelo) para cima (mais cinza), as faixas coloridas indicam: luz solar total, crepúsculo (civil, náutico e astronômico) e noite total.

### 1.1.5 Umidade relativa do ar

O nível de conforto de umidade baseia-se no ponto de orvalho, pois ele determina se a transpiração vai evaporar da pele e, conseqüentemente, esfriar o corpo. Pontos de orvalho mais baixos provocam uma sensação de mais secura. Pontos de orvalho mais altos provocam uma sensação de maior umidade. Diferentemente da temperatura, que em geral varia significativamente do dia para a noite, o ponto de orvalho tende a mudar mais lentamente. Assim, enquanto a temperatura pode cair à noite, um dia abafado normalmente é seguido por uma noite abafada.

Pio IX tem variação sazonal *extrema* na sensação de umidade. O período mais abafado do ano dura 6 meses, de dezembro a junho, no qual o nível de conforto é abafado, opressivo ou extremamente úmido pelo menos em 23% do tempo. O dia mais abafado do ano ocorre em março, com condições abafadas durante 91% do tempo. O dia menos abafado do ano ocorre em agosto, com condições abafadas durante 1% do tempo.



Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

**Figura 6.** Porcentagem de tempo passado nos vários níveis de conforto de umidade, categorizada pelo ponto de orvalho.

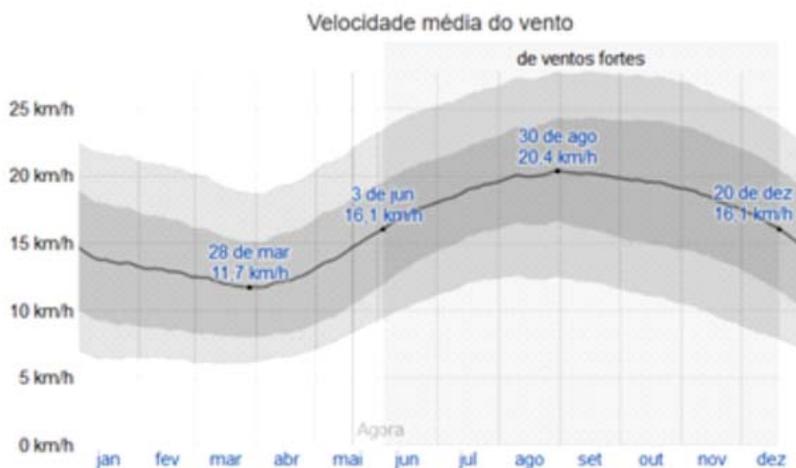
## 1.1.6 Ventos

Esta seção discute o vetor médio horário de vento (velocidade e direção) em área ampla a 10 metros acima do solo. A sensação de vento em um determinado local depende da topografia local e de outros fatores. A velocidade e a direção do vento em um instante variam muito mais do que as médias horárias.

A velocidade horária média do vento em Pio IX passa por variações sazonais *significativas* ao longo do ano.

A época de *mais ventos* no ano dura 6,5 meses, de *junho a dezembro*, com velocidades médias do vento acima de 16,1 quilômetros por hora. O dia de *ventos mais fortes* no ano ocorre em agosto, com 20,4 quilômetros por hora de velocidade média horária do vento.

A época *mais calma* do ano dura 5,5 meses, de *dezembro a junho*. O dia *mais calmo* do ano ocorre em março, com 11,7 quilômetros por hora de velocidade horária média do vento.



Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

**Figura 6.** Velocidade média horária do vento (linha cinza escuro), com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil. A direção média horária predominante do vento em Pio IX é do *Leste* durante todo o ano.



Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

**Figura 7.** Porcentagem de horas em que o vento tem direção média de cada uma das quatro direções cardinais de vento, exceto nas horas em que a velocidade média do vento é inferior a 1,6 km/h. As áreas mais esmaecidas nas interseções indicam a porcentagem de horas passadas nas direções intermediárias implícitas (Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste).

### 1.1.7 Energia solar

Esta seção discute o total diário incidente de energia solar de ondas curtas que chega à superfície do solo ao longo de uma área ampla, levando em conta as variações sazonais na duração do dia, na elevação do sol acima do horizonte e na absorção por nuvens e outros elementos atmosféricos. A radiação de ondas curtas inclui a luz visível e a radiação ultravioleta.

A energia solar de ondas curtas incidente diária média passa por variações sazonais *moderadas* ao longo do ano.

O período de *maior radiação* do ano dura 2,6 meses, de setembro a novembro, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado acima de 7,1 kWh. O mês de maior radiação do ano é outubro, com média de 7,5 kWh.

O período *mais escuro* do ano dura *4,4 meses*, de *fevereiro a julho*, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado abaixo de *5,9 kWh*. O mês *mais escuro* do ano é *abril*, com média de *5,5 kWh*.



Fonte: <https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.

**Figura 8.** Energia solar de ondas curtas médias que chega ao solo (linha laranja), por metro quadrado, com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil.

### 1.1.8 Topografia

Para fins deste trabalho, as coordenadas geográficas de Pio IX são: latitude 06°50'15" Sul, longitude 40°34'45" Oeste e altitude de 495 metros.

A topografia dentro do perímetro de *3 quilômetros* de Pio IX contém apenas variações *pequenas* de altitude, com mudança máxima de *138 metros* e altitude média acima do nível do mar igual a *520 metros*. Dentro do perímetro de *16 quilômetros*, há apenas variações *pequenas* de altitude (*264 metros*). Dentro do perímetro de *80 quilômetros*, há variações *significativas* de altitude (*647 metros*).

## 1.2 RECURSOS HÍDRICOS DO MUNICÍPIO DE PIO IX

O município de Pio IX pertence à sub-bacia do Rio Canindé/Piauí. No geral os rios da bacia Canindé/Piauí apresentam regime de intermitência, decorrente da formação geológica e geomorfológica da bacia, visto que os cursos d'água mais importantes nascem no embasamento cristalino, com fraca condição de retenção da água, acrescido do fato de a bacia localizar-se em região semiárida, com baixíssimas e irregulares precipitações. Ao percorrerem a bacia sedimentar, os rios eventualmente podem adquirir caráter de perenidade, pois passam a receber contribuição de água subterrânea fornecida pelos aquíferos principais, como o Serra Grande e Cabeças.

Os principais cursos d'água que drenam o município de Pio IX são os rios Riachão, Maçal, Mercador e Salamanca.

### 1.2.1 Águas superficiais

As águas superficiais representam a segunda fonte hídrica principal do município, uma vez que a disponibilidade de águas subterrâneas a supera em nível de utilização. No entanto, a importância das águas superficiais como fonte hídrica de abastecimento tende a crescer a partir da construção dos sistemas adutores para atendimento a grandes núcleos populacionais e também para irrigação.

No Quadro 1 observam-se as características do principal reservatório do município de Pio IX - Açude Cajazeiras.

A seca plurianual do período 2010-2016 reduziu drasticamente a capacidade deste reservatório, atingindo um volume 0,0 hm<sup>3</sup>, em 2016. Desde então, o abastecimento passou a ser feito, de forma insuficiente, pela Adutora de Piau, distante 63 km da cidade. Na zona rural, o abastecimento das cisternas é feito por caminhões-pipa. Para completar a água necessária para o consumo, os moradores pagam pela água adquirida em poços artesianos particulares. Existem pipeiros cadastrados pelo Exército do Ceará, que transportam água e percorrem a distância de 130 km para abastecer as cidades cearenses de Parambu e Tauá.

Quadro 1. Vazão regularizada do Açude Cajazeiras, município de Pio IX.

Item	Bacia	Reservatório	Município	Rio Barrado	Capacidade (hm <sup>3</sup> )	Vazão regularizada (m <sup>3</sup> /s)
1	Canindé	Cajazeiras	Pio IX	Condado	24,702	0,64

### 1.2.2 Águas subterrâneas

No município de Pio IX distinguem-se três domínios hidrogeológicos: rochas cristalinas, correspondendo a cerca de 60% da área do município, rochas sedimentares e coberturas detritolateríticas. O domínio das rochas cristalinas tem suas rochas pertencentes ao embasamento cristalino, idade pré-cambriana e engloba dois subdomínios. O primeiro compreende uma variedade de granitos, gnáisses, quartzitos, xistos e mármore, pertencentes ao Complexo Jaguaretama, Suíte Várzea Alegre e Grupo Orós-Jaguaribe. O segundo subdomínio é composto de arenitos, conglomerados, folhelhos e siltitos das formações Angico Torto e Melancia, que têm como características um intenso fraturamento, litificação acentuada (porosidade secundária de fendas e fraturas) e forte compactação. Nesse contexto, tais subdomínios apresentam comportamento hidrogeológico de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nessas rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz em reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Em geral, as vazões produzidas por poços localizados nessas áreas são pequenas e a água, em função da falta de circulação, dos efeitos do clima semiárido e do tipo de rocha, é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições definem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas, sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa do abastecimento nos casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem. O Grupo Serra Grande é constituído por arenitos de granulação grossa a média com intercalações de conglomerados e representa o maior potencial aquífero do município. Os depósitos Detrito-Lateríticos correspondem a coberturas de sedimentos detríticos, com idade terciária.

quaternária, que devido à reduzida espessura e descontinuidades e seus constituintes litológicos serem pouco favoráveis ao armazenamento d'água, têm pouca expressão como mananciais para captação de água subterrânea (AGUIAR, 2014)<sup>2</sup>.

O levantamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2004) no município registrou a presença de 169 pontos d'água, todos poços tubulares. Quanto à propriedade do terreno onde se encontram, os poços foram classificados em: públicos, quando estão em terrenos de servidão pública e; particular, quando estão em propriedades privadas.

Com relação à fonte de energia utilizada nos sistemas de bombeamento dos poços, 34 poços, 13 públicos e 21 particulares, utilizam energia elétrica. Os 135 poços restantes dependem de outras fontes de energia, como, eólica (catavento), solar e combustíveis (óleo diesel ou gasolina).

Com relação à qualidade das águas dos pontos cadastrados, foram realizadas in loco medidas de condutividade elétrica, que é a capacidade de uma substância conduzir a corrente elétrica estando diretamente relacionada com o teor de sais dissolvidos. Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 a 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos (STD). Neste diagnóstico, foi utilizado o fator 0,65 para obter o teor de sólidos dissolvidos nas águas analisadas. A água com demasiado teor de minerais dissolvidos não é conveniente para certos usos. Contendo menos de 500 mg/L de sólidos dissolvidos é, em geral, satisfatória para o uso doméstico e para fins industriais. Com mais de 1.000 mg/L contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades. Para efeito de classificação das águas dos poços cadastrados no município, foram considerados os seguintes intervalos de STD (Sólidos Totais Dissolvidos): < 500 mg/L - Água doce; 500 a 1.500 mg/L - Água salobra; > 1.500 mg/L - Água salgada. Foram coletadas e analisadas amostras de água de 120 poços. Os resultados das análises mostraram

---

<sup>2</sup>Aguiar, Robério Bôto de. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Pio IX/ Organização do texto [por] Robério Bôto de Aguiar [e] José Roberto de Carvalho Gomes - Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.

valores oscilando de 40,3 a 6.461 mg/L, com valor médio de 923 mg/L. Quanto à classificação das águas subterrâneas no município, foi verificada a predominância de água salobra em 65 poços, 39 possuem água doce e 16 poços têm água salgada.

## 2 METODOLOGIA

Para cada hora entre 8 horas e 21 horas de cada dia no período de análise (1980 a 2016), índices independentes são calculados para sensação de temperatura, céu encoberto e precipitação total. Esses índices são combinados em um só índice horário composto que é agregado em dias, cuja média é calculada considerando todos os anos do período de análise.

O *índice de céu encoberto* é dez para céu totalmente sem nuvens, diminuindo linearmente para nove no caso de céu quase sem nuvens e um para céu totalmente encoberto.

O *índice de precipitação*, que se baseia na precipitação de 3 horas centralizadas na hora em questão, é 10 para precipitação zero, diminuindo linearmente para nove no caso de precipitação desprezível e para 0 no caso de precipitação igual ou superior a 1 milímetro.

O *índice de temperatura de turismo* é zero para sensação de temperatura abaixo de 10 °C, subindo linearmente para nove no caso de 18 °C; para dez no caso de 24 °C, diminuindo para nove no caso de 27 °C e para um no caso de 32 °C ou mais quente.

## 3 FONTE DOS DADOS

A fonte de dados referente às condições meteorológicas características de Pio IX, durante o ano inteiro, tem como base a análise estatística de relatórios horários históricos e reconstruções de modelo no período de 1º de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2016.

Pio IX dista **126 km** quilômetros da estação meteorológica confiável mais próxima (Picos,PI). Consequentemente, os dados relacionados à meteorologia são oriundos integralmente da análise retrospectiva da era por satélite MERRA-2 da NASA. Esta análise retrospectiva combina várias medições de área ampla em um modelo meteorológico global de última geração para reconstruir um histórico

horário das condições meteorológicas no mundo todo, em uma grade de 50 quilômetros.

As estimativas da temperatura do ar e do ponto de orvalho são corrigidas pela diferença entre a altitude de referência da célula da grade MERRA-2 e a altitude de Pio IX, de acordo com o modelo Atmosfera Padrão Internacional .

Todos os dados relativos à posição do sol (p. ex., nascente e poente) são calculados usando fórmulas astronômicas publicadas no livro *Astronomic Tables of the Sun, Moon and Planets*, de Jean Meeus.

Os dados de uso do solo provêm do banco de dados global de cobertura do solo SHARE, publicado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).

Os dados de altitude são provenientes da Missão Topográfica do Radar da Shuttle (SRTM, na sigla em inglês), publicados pelo Laboratório de Propulsão a Jato da NASA.

O nome, a localização e o fuso horário das localidades e de alguns aeroportos são provenientes do banco de dados geográfico Geonames.

Os fusos horários de aeroportos e estações meteorológicas são fornecidos por AskGeo.com.

Os mapas são © Esri, com dados fornecidos por National Geographic, Esri, DeLorme, NAVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA e iPC.

Dados meteorológicos são sujeitos a erros, panes e outros problemas. Em face disso, o autor não se responsabiliza por decisões tomadas com base no conteúdo apresentado neste site.

Chama-se a atenção em particular na cautela relativa à nossa dependência nas reconstruções baseadas no modelo MERRA-2 para várias séries de dados importantes. Embora tenham vantagens extraordinárias quanto à sua abrangência temporal e espacial, essas reconstruções: baseam-se em modelos computacionais que podem conter erros; contam com amostra grosseira em uma grade de 50 km e, portanto, não são capazes de reconstruir variações locais de muitos microclimas; e têm dificuldade particular com a meteorologia de algumas áreas costeiras, principalmente em pequenas ilhas.

Alerta-se também que a qualidade dos índices de viagem depende da qualidade dos dados nos quais se baseiam. Além disso, as

condições meteorológicas de um determinado local num dado momento são imprevisíveis e variáveis, e a definição dos índices reflete um conjunto de preferências que pode não ser compartilhado por um leitor específico.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Robério Bôto de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Pio IX/. Fortaleza: CPRM, 2004. Disponível em:

<https://pt.weatherspark.com/m/30924/5/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-caracter%C3%ADsticas-de-Pio-IX-Brasil-em-maio#Sections-SolarEnergy>. Acesso em: 19 maio 2019.



## **CAPÍTULO 4**

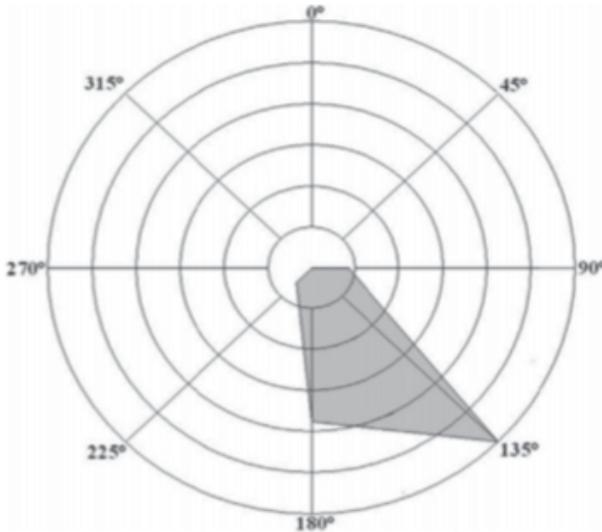
Caracterização climática e recursos hídricos do município de Manoel Emídio, PI.



## CAPÍTULO 4

### Caracterização climática e recursos hídricos do município de Manoel Emídio, PI.

*Milcíades Gadelha de Lima e José Crisóstomo Gomes de Oliveira*



#### 1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE MANOEL EMÍDIO, PI

O município está localizado no sul do estado, na microrregião de Bertolínia, determinado pela interseção das seguintes coordenadas geográficas: 08°00'46" de latitude Sul e 43°52'18" de longitude Oeste, e a uma altitude de 227 metros. Tem como limites os municípios de Bertolínia e Sebastião Leal ao norte, ao sul com Alvorada do Gurgueia, a oeste com Uruçuí e Sebastião Leal e, a leste com Eliseu Martins, Cristino Castro e Colônia do Gurgueia.

A distância entre a cidade de **Manoel Emídio, PI**, e a cidade de **Bom Jesus, PI**, é de **154,4 km**, via BR-135. O tempo estimado do percurso da viagem entre as duas cidades é de aproximadamente **2 horas e 9 minutos**. Já em linha reta a distância entre Manoel Emídio e

Bom Jesus é de **129,48 km**. A distância entre Manoel Emídio e Alvorada do Gurgueia é de 44 km em linha reta e de 50 km por rodovia.

A população do Município foi estimada em 5.262 habitantes em 2014. Sua área é de 1.619 km<sup>2</sup>, representando 0,6436% do estado, 0,1042% da região e 0,0191% de todo o território brasileiro.

## 1.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO

A ausência de estações climatológicas na maior parte da região de Manoel Emídio e o reduzido período de registro que apresentam, dificultaram a realização das análises climáticas, obrigando à consideração de estações climatológicas localizadas no exterior da área.

A extrapolação das características climáticas das estações localizadas na envolvente área em estudo constitui uma aproximação que se considera aceitável, embora algumas variáveis climáticas devam ser entendidas com reserva, caso da umidade relativa do ar. Tal fato devem-se às características fisiográficas da área, que apresentam variações significativas de altitude e diferenciações morfológicas entre os principais municípios.

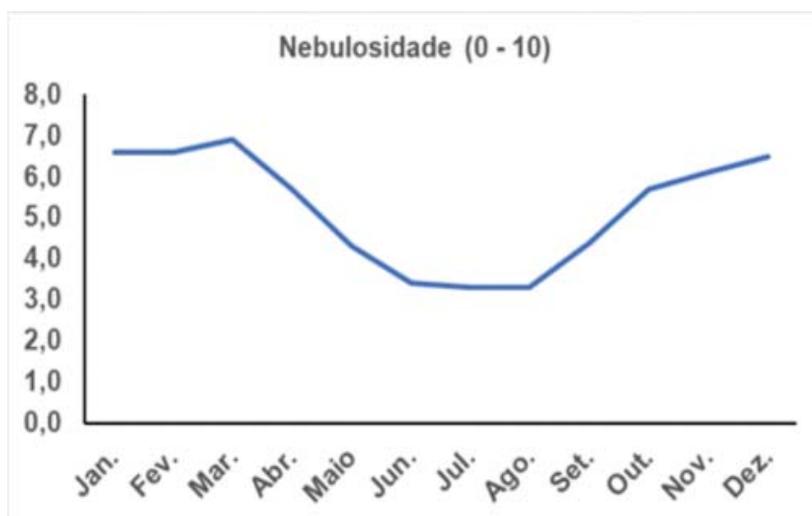
Apesar disso, os contrastes climáticos traduzem-se pela diferenciação entre as áreas mais elevadas do setor de montante e as áreas de menor altitude, respectivamente. O recurso às tecnologias de geoprocessamento da informação revela-se muito importante no estudo da repartição espacial de algumas variáveis (precipitação, temperatura, evapotranspiração e índice hídrico). As variáveis que têm uma relação significativa com a altitude, como a temperatura e a evapotranspiração, refletem uma aproximação aceitável da realidade. Não obstante, sobressaem-se os principais traços do clima da região de Manoel Emídio, que segundo a classificação climática de Köppen, que se fundamenta nos regimes térmicos e pluviométricos e na distribuição das associações vegetais, é do tipo Aw, megatérmico, com moderada deficiência hídrica no inverno, porque na região o clima é tropical chuvoso (A), ou seja, clima com o mês mais frio apresentando temperatura média superior a 18 °C (megatérmico). Apresenta pelo menos 1 mês com precipitação inferior a 60 mm na época mais seca do ano, na estação de inverno (w).

### 1.1.1 Nebulosidade

A porcentagem média de céu encoberto por nuvens sofre *significativa* variação sazonal ao longo do ano.

A época *menos encoberta* do ano em Manoel Emídio ocorre nos meses de julho e agosto e dura 5 meses, terminando em setembro. Nos meses *de julho e agosto*, os dias *menos encobertos* do ano, o céu permanece *sem nuvens, quase sem nuvens* ou *parcialmente encobertos* durante *esses* meses do ano.

A época *mais encoberta* do ano começa em setembro e dura 7 meses, terminando em abril (Figura 1).

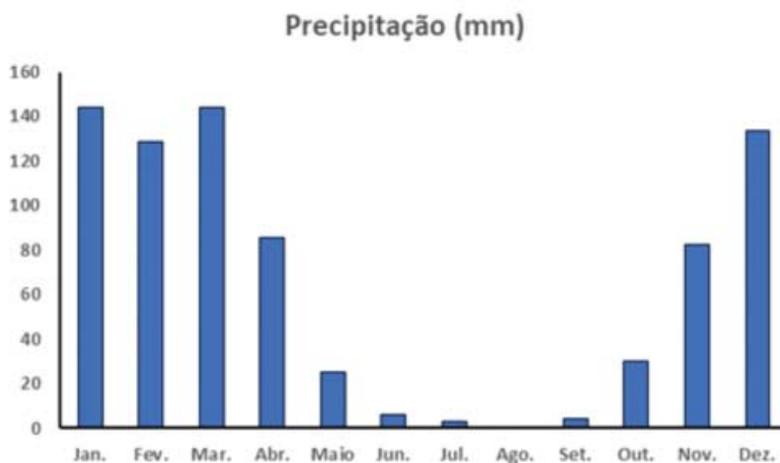


**Figura 1.** Variação da nebulosidade ao longo do ano em Manoel Emídio, PI. Normais Climatológicas do Município de Bom Jesus, PI (Período: 1961 a 1990).

### 1.1.2 Precipitação

O município apresenta uma precipitação média anual de 786,8 mm (23 anos), com a estação chuvosa concentrada no período de dezembro a abril, em especial, no trimestre janeiro/fevereiro/março. Os meses de julho/agosto/setembro são os mais secos. A estação com precipitação é abafada e de céu encoberto, a estação seca é de ventos fortes e de céu parcialmente encoberto.

Por meio da análise histórica dos dados de precipitação (Figura 2) pode-se verificar que ao contrário da temperatura do ar, a precipitação média mensal apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de dezembro a abril, que é a estação chuvosa, atingindo os maiores valores em março. Curtos períodos de seca, chamados “veranicos”, podem ocorrer em meio a essa estação. No período de maio a novembro, os índices pluviométricos mensais reduzem bastante, podendo chegar a zero. Disso resulta uma estação seca de 5 a 7 meses de duração. No início desse período, a ocorrência de nevoeiros é comum nas primeiras horas das manhãs, formando-se grande quantidade de orvalho sobre as plantas e umedecendo o solo. Já no período da tarde, os índices de umidade relativa do ar caem bastante, podendo chegar a valores próximos a 20%, principalmente nos meses de agosto e setembro.



**Figura 2.** Distribuição da precipitação em Manoel Emídio, PI.

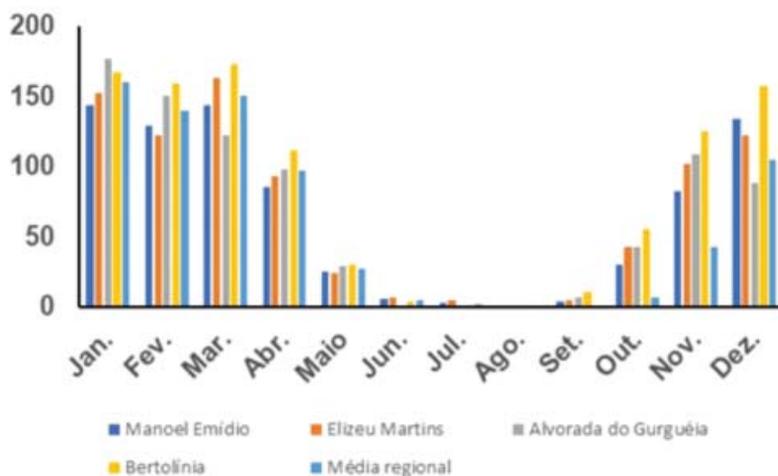
No caso particular dos dados pluviométricos (Tabela 1), apresenta-se uma série histórica dos municípios adjacentes a Manoel Emídio com vistas a uma melhor compreensão da distribuição da chuva na região.

**Tabela 1** Série histórica de dados pluviométricos dos municípios adjacentes a Manoel Emídio, PI.

Municípios	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
Manoel Emídio	144	129	144	85,4	25	6,0	3,0	0,0	4,1	30	82,8	134	787,3
Elizeu Martins	152	122	163	92,6	24	7,0	5,0	1,0	4,6	43	102	122	838,2
Alvorada do Gurgueia	177	150,2	122,2	98,3	28,6	0	0	0,1	6,8	42,9	108,3	88,0	822,4
Bertolinia	167,4	159	173	111,5	30,2	3,9	0,8	1,1	10,4	55,1	125,3	156,8	994,5
<b>Média Regional</b>	<b>154,3</b>	<b>132,6</b>	<b>143,3</b>	<b>90,4</b>	<b>25,7</b>	<b>4,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,9</b>	<b>36,5</b>	<b>94,0</b>	<b>119,5</b>	<b>860,6</b>

Fonte: Gerência de Hidrometeorologia da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR/PI).

Na Figura 3, visualizam-se os valores médios mensais, anual e a média regional mensal dos quatro municípios que compõem a região em estudo.

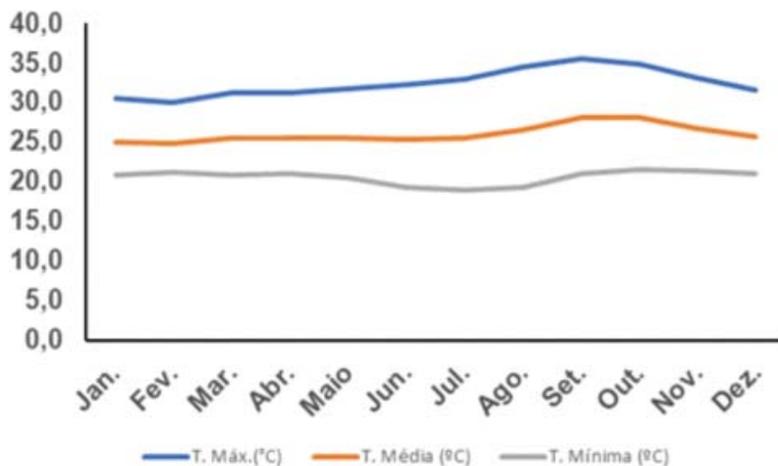


**Figura 3.** Distribuição da precipitação mensal na região de Manoel Emídio, PI.

### 1.1.3 Temperatura do ar

Durante o ano inteiro, o clima é quente. Ao longo do ano, em geral a temperatura média do ar varia de 25,3 °C (julho) a 28,1 °C (outubro). A temperatura média anual é de 26,1 °C.

A *estação quente* permanece por 4 meses, de agosto a novembro, com temperatura máxima média diária acima de 33 °C. Os meses mais quentes do ano são *setembro e outubro*, cuja temperatura máxima média é de 32,5 °C e a mínima média é de 20,6 °C (Figura 4).



**Figura 4** Temperaturas máximas (linha azul) e mínimas (linha cinza) médias (°C). A linha amarela representa as temperaturas médias correspondentes.

### 1.1.4 Umidade relativa do ar

O nível de conforto de umidade baseia-se no ponto de orvalho, pois ele determina se a transpiração vai evaporar da pele e, conseqüentemente, esfriar o corpo. Pontos de orvalho mais baixos provocam uma sensação de mais secura. Pontos de orvalho mais altos provocam uma sensação de maior umidade. Diferentemente da temperatura do ar, que em geral varia significativamente do dia para a noite, o ponto de orvalho tende a mudar mais lentamente. Assim, enquanto a temperatura pode cair à noite, um dia abafado normalmente é seguido por uma noite abafada.

Manoel Emídio tem variação sazonal *extrema* na sensação de umidade.

O *período mais abafado* do ano dura 5 meses, de dezembro a abril, no qual o nível de conforto é *abafado, opressivo* ou *extremamente úmido*. Os meses mais abafados do ano são fevereiro e março (Figura 5).



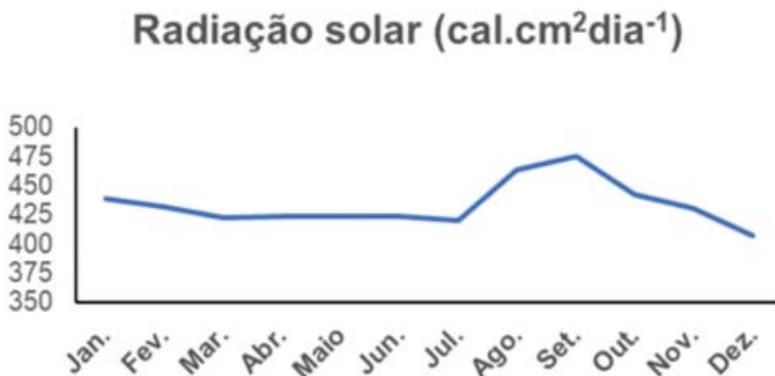
**Figura 5** Variação da umidade relativa do ar ao longo do ano em Manoel Emídio, PI. Normais Climatológicas do Município de Bom Jesus, PI. (Período: 1961 a 1990).

### 1.1.5 Radiação solar

Esta seção discute o total diário de incidência de radiação solar de ondas curtas que chega à superfície do solo ao longo de uma área ampla, levando em conta as variações sazonais na duração do dia, na elevação do sol acima do horizonte e na absorção por nuvens e outros elementos atmosféricos. A radiação de ondas curtas inclui a luz visível e a radiação ultravioleta.

A radiação solar de ondas curtas incidente diária média passa por variações sazonais *moderadas* ao longo do ano.

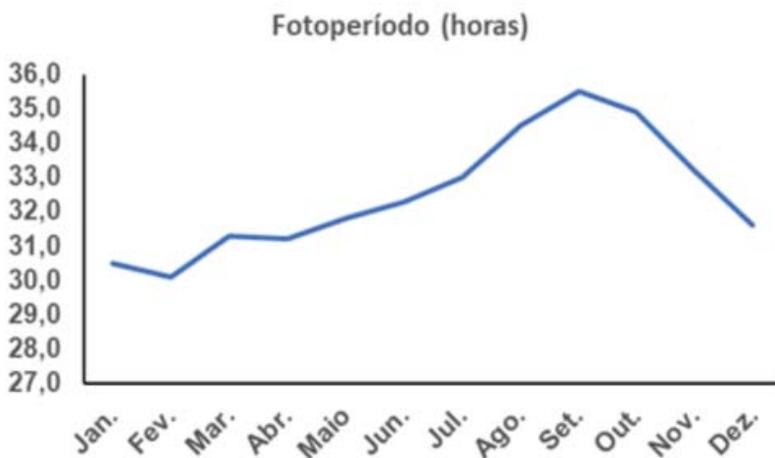
O período *de maior incidência de radiação* do ano dura *3 meses*, de *agosto a outubro*, com média diária de radiação incidente por centímetro quadrado acima de  $460 \text{ cal.cm}^2.\text{dia}$ . O mês com maior radiação do ano é *setembro*, com média de  $465 \text{ cal/cm}^2.\text{dia}$  (Figura 6).



**Figura 6.** Radiação solar de ondas curtas médias que chega ao solo (cal.cm<sup>2</sup>dia<sup>-1</sup>). Normais Climatológicas do Município de Bom Jesus do Piauí, PI. (Período: 1961 a 1990).

### 1.1.6 Fotoperíodo

A duração do dia em Manoel Emídio varia pouco durante o ano, cerca de *1 hora e 4 minutos* a mais ou a menos de *12 horas* no ano inteiro. A média do mês mais curto (*julho*) é de *11 horas e 48 minutos* de luz solar. Janeiro é o mês mais longo, com *12 horas e 52 minutos* de luz solar, em média (Figura 7).



**Figura 7.** Número máximo possível de brilho solar ao longo do ano. Normais Climatológicas do Município de Bom Jesus, PI. (Período: 1961 a 1990).

### 1.1.7 Insolação (horas)

A insolação é o número de horas que realmente o sol brilha durante o ano. A média do mês mais curto (*fevereiro*) é de 160,2 horas enquanto o mês de agosto é o mês mais ensolarado, com 308,6 horas, em média (Figura 8). O sol brilha 2.787,2 horas ao longo do ano.



**Figura 8.** Número de horas que o sol brilha durante o ano em Manoel Emídio, PI. Normais Climatológicas do Município de Bom Jesus, PI. (Período: 1961 a 1990).

### 1.1.8 Ventos

Esta seção apresenta uma caracterização do regime de ventos na região de Alvorada do Gurgueia, PI, realizada por meio da análise do perfil da velocidade média horária e mensal dos ventos, bem como da frequência da sua direção. Os dados de direção e velocidade de vento contidos nesse trabalho foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), medidos em intervalos de 1 hora e a 10 m de altitude em relação ao solo. O período compreendido para estudo foi de 1º de janeiro de 2010 a 31 de dezembro de 2010. Para que esses dados pudessem ser analisados e comparados com outras pesquisas, utilizando o software Windographer®, eles foram extrapolados para alturas correspondentes a 50, 70 e 90 m em relação ao nível do solo (LIRA et al.,2017).

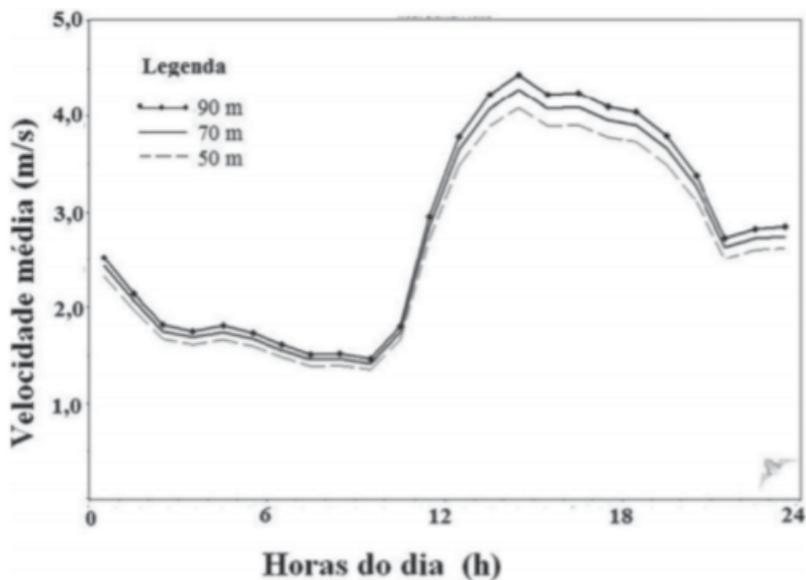
O Município onde se localiza a Plataforma de Coleta de Dados (PCD) escolhida para a realização das investigações sobre a caracterização do regime de ventos está contido na Tabela 2.

**Tabela 2.** Localização da Plataforma de Coleta de Dados.

Município	Latitude	Longitude	Altitude
Alvorada do Gurgueia	08°25'28" S	43°46'38" W	281 m

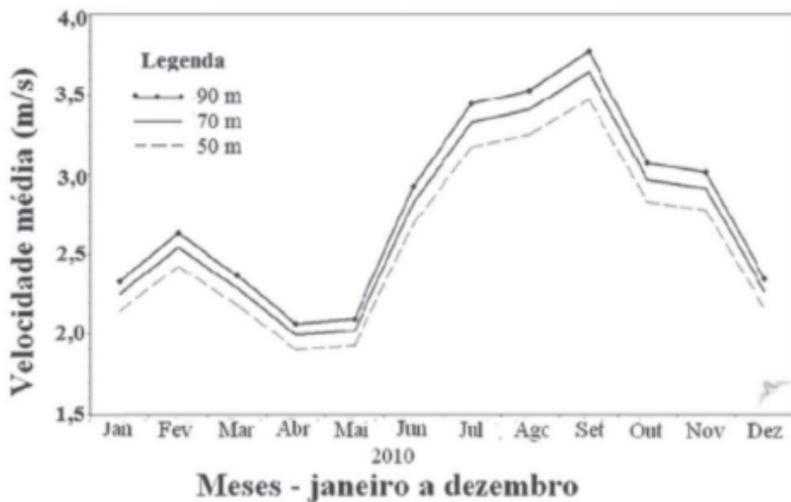
Na Figura 9, observa-se o gráfico do perfil da velocidade média horária do vento no município de Alvorada do Gurgueia estimada para as alturas correspondentes a 50, 70 e 90 m em relação ao nível do solo. O gráfico mostra que os maiores valores de velocidade de vento ocorrem entre 13:00h e 15:00h, horário local, com máximas de 4,1 m/s; 4,3 m/s e 4,5 m/s para as respectivas alturas de 50, 70 e 90 m. Já os menores valores foram observados entre 8:00h e 10:00h, horário local, com mínimas de 1,4 m/s; 1,5 m/s e 1,5 m/s para as alturas de 50, 70 e 90 m. Segundo o atlas brasileiro de energia eólica (2001), nessa região a velocidade média de vento anual, medida a 50 m de altura, pode chegar a 6 m/s.

Em seguida, tem-se na Figura 10 o gráfico da velocidade média mensal dos ventos correspondentes a 50, 70 e 90 m em relação ao nível solo. Nesse gráfico é possível observar que os maiores valores de velocidade média mensal dos ventos foram registrados de julho a setembro, com máximas de 3,5 m/s; 3,6 m/s e 3,7 m/s para as respectivas alturas de 50, 70 e 90 m. Durante os meses de abril e maio observam-se os menores valores de velocidade média mensal, com mínima de 1,9 m/s; 2,0 m/s e 2,1 m/s para as alturas de 50, 70 e 90 m. Na região onde está localizado esse município, a velocidade média trimestral, de junho a agosto, pode chegar a 6,5 m/s e no trimestre de menor velocidade média trimestral, março a maio, essa velocidade média pode assumir valores de iguais a 3,5 m/s (atlas brasileiro de energia eólica, 2001).



Fonte: LIRA et al. (2017).

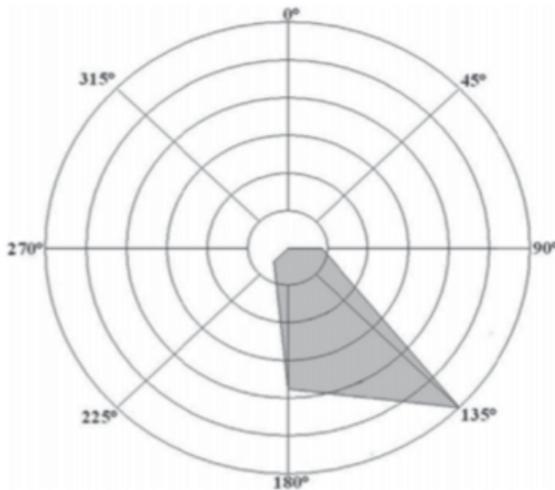
**Figura 9.** Perfil da velocidade média horária em Alvorada do Gurgueia, PI.



Fonte: LIRA et al. (2017).

**Figura 10** Perfil da velocidade média mensal em Alvorada do Gurgueia, PI.

Outro aspecto importante é a direção predominante do vento apresentada pela Figura 11. Segundo Varejão (2006), quando se deseja implantar turbinas para obter energia eólica, é de grande interesse conhecer tal característica. A direção predominante do vento nesta região é a Sudeste, podendo em alguns meses tender para Sul. Segundo o atlas brasileiro de energia eólica (2001), embora a direção do vento nessa região varie entre 90° e 180°, durante os meses de maior intensidade de vento a direção Sudeste é predominante.



Fonte: LIRA et al. (2017).

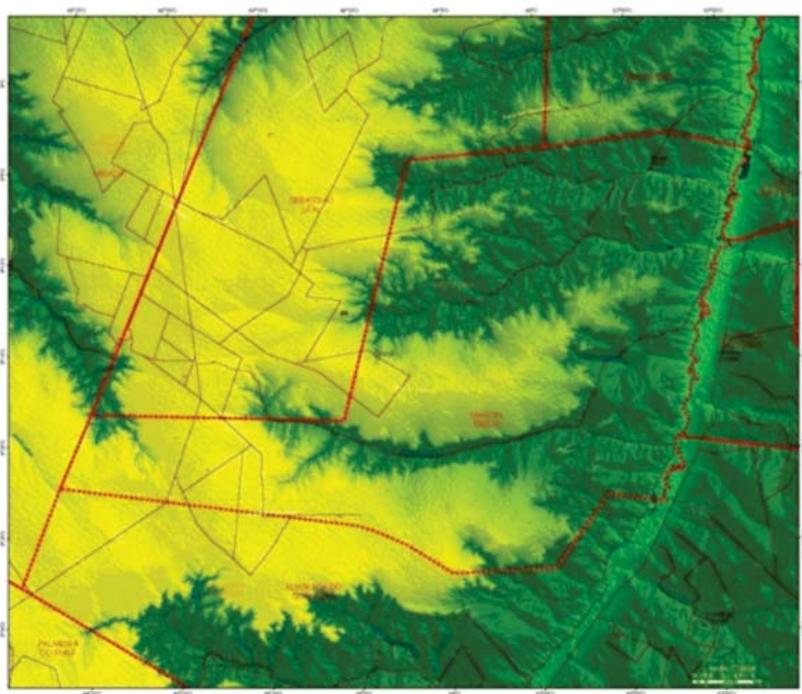
**Figura 11.** Direção predominante dos ventos em Alvorada do Gurgueia, PI.

## 1.2 TOPOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O acidente morfológico predominante é a ampla superfície tabular reelaborada, plana ou levemente ondulada, limitada por escarpas abruptas que podem atingir 600 m, exibindo relevo com zonas rebaixadas e dissecadas. Dados obtidos a partir do *Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado do Piauí* (1986) e *Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba* (CPRM, 1973).

### 1.3 HIPSOMETRIA DO MUNICÍPIO DE MANOEL EMÍDIO (PI).

Mapa Hipsométrico do Município de Manoel Emídio, Piauí. Na parte inferior-central da Figura 12, localiza-se a Chapada Novo Mundo ( $08^{\circ}23'12''\text{S}$ ,  $44^{\circ}07'14''\text{O}$  e 545 m de altitude. Escala: 1:190.000. Fonte: Irgang (2013).



**Figura 12.** Mapa Hipsométrico do Município de Manoel Emídio, Piauí. Inserido por Antônio Alberto Jorge Farias Castro.

### 1.4 RECURSOS HÍDRICOS DO MUNICÍPIO DE MANOEL EMÍDIO, PI.

#### 1.4.1 Águas superficiais

O município pertence à sub-bacia do Rio Gurguéia. A área da bacia é de aproximadamente 48.830 km<sup>2</sup>, o que corresponde a cerca de 19% da área total do estado. É a segunda maior bacia estadual.

O Rio Gurguéia é o maior afluente do Rio Parnaíba pelo lado direito. Nasce no município de São Gonçalo do Gurguéia; sua extensão total é de cerca de 532 km e apresenta uma declividade média de aproximadamente 2,1 m/km.

O Rio Gurguéia é alimentado por poucos afluentes, em geral temporários, o que não impede a regularidade do regime na maior parte da calha principal. Entre os principais afluentes estão os rios Paraim, Curimatá, Fundo, Corrente, Canhoto e Esfolado e os riachos da Tábua e de Santana.

Os postos fluviométricos existentes em Barra do Lance, município de Jerumenha, e Cristino Castro, mostram vazões médias de 6,9 m<sup>3</sup>/seg. e 6,1 m<sup>3</sup>/seg. no trimestre mais seco e vazões médias, respectivamente, de 90,0 m<sup>3</sup>/seg. e 54,0 m<sup>3</sup>/seg., no trimestre mais chuvoso.

#### **1.4.2 Águas subterrâneas**

Distinguem-se dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba e as aluviões.

As unidades do domínio rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba pertencem às formações Longá, Poti e Piauí.

A Formação Longá, pela sua constituição litológica quase que exclusivamente de folhelhos, que são rochas que apresentam baixíssima permeabilidade, não apresenta importância hidrogeológica.

As formações Poti e Piauí, pelas características litológicas, comportam-se como uma única unidade hidrogeológica. A alternância de leitos mais ou menos permeáveis no âmbito dessas duas formações sugere comportamentos de aquíferos e aquitardes. Tendo em vista o município ser representado quase que exclusivamente por essas duas unidades geológicas, essas formações se constituem numa importante opção do ponto de vista hidrogeológico, tendo um valor médio como manancial de água subterrânea.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico. Normalmente, a alta

permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas. Porém tem pouca expressão como manancial para abastecimento, pois ocorre apenas numa pequena área na parte oriental do município.

O levantamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2004) no município registrou a presença de 169 pontos d'água, sendo todos poços tubulares. Quanto à propriedade do terreno onde se encontram, os poços foram classificados em: públicos, quando estão em terrenos de servidão pública, e em particular, quando estão em propriedades privadas.

Com relação à qualidade das águas dos poços cadastrados, foram realizadas in loco medidas de condutividade elétrica, que é a capacidade de uma substância conduzir a corrente elétrica, diretamente relacionada com o teor de sais dissolvidos. Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 e 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos (STD). Neste diagnóstico, utilizou-se o fator 0,65 para obter o teor de sólidos dissolvidos nas águas analisadas.

A água com demasiado teor de minerais dissolvidos não é conveniente para certos usos. Contendo menos de 500 mg/L de sólidos dissolvidos é, em geral, satisfatória para o uso doméstico e para muitos fins industriais. Com mais de 1.000 mg/L contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades. Para efeito de classificação das águas dos poços cadastrados, foram considerados os seguintes intervalos de sólidos totais dissolvidos (STD). < 500 mg/L - Água doce; 500 a 1.500 mg/L - Água salobra; > 1.500 mg/L - Água salgada. Foram coletadas amostras de água e analisados os sólidos totais dissolvidos de 41 poços, tendo como resultados valores variando de 31,2 a 571,3 mg/L e valor médio de 276,8 mg/L.

A análise dos dados referentes ao cadastramento de poços executado no município permitiu estabelecer as seguintes conclusões:

1 Em termos de domínio hidrogeológico, predominam as rochas da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que possuem porosidade primária e boa permeabilidade, proporcionando boas condições de armazenamento e fornecimento de água.

2 Dos poços existentes na época do levantamento, cerca de 53% dos poços cadastrados estão localizados em terrenos públicos e 24% do total são passíveis de funcionamento, podendo aumentar significativamente a oferta de água para a população.

3 Aproximadamente 45% dos poços são atendidos por rede de energia elétrica, o restante utiliza fontes alternativas (eólica, solar) ou combustíveis para funcionar o sistema de bombeamento de água.

4 Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços (40) possui água doce e apenas um é salobra.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. B. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Manoel Emídio. Fortaleza: CPRM, 2004.

AMARANTE, O. A.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: MME; Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2001. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas>. Acesso em: 15 fev. 2019.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE –DRN, 1986. 2 v. 782 p.

LIRA, M. A. T.; MOITA NETO, J. M.; LOIOLA, J. V. L.; SILVA, E. M.; ALVES, J. M. B. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 1, p. 77-88, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778632120150712>. Acesso em: 15 fev. 2019.

CRUZ, Waldemir Barbosa da; LIMA, Enjôlras de Albuquerque Medeiros; LEITE, Jairo Fonseca; QUINHO, Juvenal de Souza; ANGELIM, Luís Alberto de Aquino; VALE, Pedro de Alcântara Brito Ribeiro do. **Projeto carvão da bacia do Parnaíba**: relatório final da 1ª etapa. Recife: DNPM/CPRM, 1973. vol.1.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**: versão digital 2. Recife, 2006



## **CAPÍTULO 5**

Diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piauí,  
em São João do Piauí, PI



## CAPÍTULO 5

### Diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piauí, em São João do Piauí, PI

*Milcíades Gadelha de Lima, Adeodato Ari Cavalcante Salviano e  
Adolfo Martins de Moraes*



#### APRESENTAÇÃO

O diagnóstico ambiental realizado às margens do Rio Piauí, na área urbana da cidade de São João do Piauí, no estado do Piauí é apresentado com o objetivo de identificar a atual situação da mata ciliar e as condições sanitárias em que se encontram, bem como os principais impactos ambientais resultantes da ausência da mata ciliar e da ausência ou presença de saneamento básico naquela cidade.

O trabalho foi realizado por meio de caminhamento detalhado executado às margens, tendo apoio de veículo 4x4, GPS, imagens de satélite e entrevista com autoridades municipais e proprietários de imóveis ribeirinhos.

Os resultados são apresentados a seguir.

## 1 INTRODUÇÃO

A ocupação de áreas marginais de rios no Brasil é um aspecto comum na paisagem urbana. Essa ocupação, na grande maioria dos casos, ocorreu sem o planejamento adequado, fato que traz como consequência a exposição da população a inúmeros riscos, além de ser responsável pelo desencadeamento de inúmeros problemas ambientais, entre os quais o desaparecimento das matas ciliares.

As matas ciliares são essenciais na busca da sustentabilidade dos cursos d'água, pois promovem a estabilidade das margens dos rios e proporcionam microclima ribeirinho favorável ao aumento da biodiversidade e do equilíbrio dos ecossistemas ribeirinhos. Também, funcionam como filtros, retendo defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água. Desta forma, o reflorestamento tem sido apontado como uma das soluções factíveis para a questão da produção de água.

As Áreas de Proteção Ambiental (APPs) têm papel fundamental na perpetuação da biodiversidade e no abastecimento hídrico, além de se apresentar como um importante mecanismo na melhoria da qualidade do ar, de regulação das médias térmicas e para redução dos casos de alagamentos em áreas urbanas.

A Lei Federal nº 12.651/2012, popularmente conhecida como **Novo Código Florestal**, estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, APPs e as Áreas de Reserva Legal, a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

O município de São João do Piauí também conta com diversas leis que garantem a proteção ao meio ambiente e a qualidade ambiental das cidades. Dentre estas leis, pode-se destacar o Plano Diretor Municipal, que representa o instrumento básico de desenvolvimento do município, e que através de discussões com a comunidade, propicia a todos os cidadãos um lugar adequado para morar, trabalhar e viver com dignidade; - Lei Orgânica do Município de São João do Piauí, PI, de 1990; Lei do Plano Diretor Participativo de São João do Piauí, de novembro de 2012; Código de Obras

Municipal da Prefeitura Municipal de São João do Piauí; Lei Nº 205/2010, de 10 de novembro de 2010 – dá nova redação ao CÓDIGO MUNICIPAL DE POSTURA e dá outras providências; Lei Nº 214, de 25 de agosto de 2011 – institui o Código Sanitário do Município de São João do Piauí, e dá outras providências.

O diagnóstico ambiental surge como uma importante ferramenta para o estudo da situação ambiental, a partir da análise de todos os recursos ambientais e suas interações, englobando os meios físico, biológico e socioeconômico e possibilita o traçado de linhas de ação ou subsidiar a tomada de decisões para prevenir, controlar e corrigir os problemas ambientais.

O município de São João do Piauí está entre as 23 maiores economias do estado. Esta posição é atribuída aos grandes empreendimentos que estão se instalando ao seu redor e ao seu forte setor de serviços. O crescimento urbano da região se intensificou no final do século XX e a expansão da infraestrutura urbana levou ao adensamento das áreas centrais, e à criação de novos bairros nas margens do Rio Piauí, em seu trecho urbano.

Este trabalho tem como foco diagnosticar, registrar e descrever os principais impactos ambientais incidentes sobre o Rio Piauí, no município de São João do Piauí, realizando um levantamento em um fragmento da mata ciliar às margens desse trecho urbano e indica as áreas passíveis de recuperação da vegetação.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O diagnóstico permite a caracterização do cenário atual, entendido como estado geoambiental, proporcionando a identificação dos principais problemas ambientais existentes. O diagnóstico fornece subsídios à efetivação de um prognóstico ambiental e socioeconômico, possibilitando a realização de uma proposta de ordenamento geoambiental.

### 3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA<sup>3</sup>

O município de São João do Piauí está localizado na região sudeste do estado do Piauí, no Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, seccionado, em parte, pelo Rio Piauí e cuja sede municipal está situada na sua margem esquerda, no médio curso.

Apresenta os seguintes limites com outros municípios: ao norte com Pedro Laurentino/Socorro do Piauí; ao sul João Costa/Dom Inocêncio; a leste com Campo Alegre do Fidalgo/Capitão Gervásio Oliveira; a oeste com Brejo do Piauí/Ribeira do Piauí. Sua população total é de 20.770 habitantes segundo estimativa do IBGE Cidades (2016). Ainda de acordo com o IBGE Cidades, a superfície municipal ocupa uma área de 1.527km<sup>2</sup>.

O trecho urbano, no município de São João do Piauí, é delimitado pelas coordenadas: 08°20'51,9" a 08°22'00,1" latitudes Sul e 42°14'10,4" a 42°

15'26,2" longitudes Oeste (Figura 1).

A principal via de acesso do município é a BR 020, que liga Fortaleza a Brasília. Dista, aproximadamente, 440 km da capital do estado.



**Figura 1.** Localização da área do diagnóstico ambiental realizado em trecho urbano do município de São João do Piauí, PI.

Legenda:  Área ciliar de trecho do Rio Piauí  
 Leito de trecho do Rio Piauí: extensão = 3,2 Km

<sup>3</sup> Fonte: Piauí – Informações Municipais – 2000 – Anuário Estatístico do Piauí – 2001; pesquisa de campo pela equipe.

O conjunto geológico do município de São João do Piauí é constituído por rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba, representadas pela Formação Serra Grande (Ssg), com arenitos conglomeráticos, com presença das Formações Pimenteiras, esta constituída principalmente de siltitos e folhelhos, e Cabeças bem descrita com arenitos e boa presença de água hidrogeológica. Ao longo do rio é observada a existência de depósitos atribuídos ao Holoceno (areias e argilas).

As feições de relevo comuns na região estão representadas por superfícies tabulares reelaboradas, relevo plano com partes suavemente onduladas e altitudes variando de 150 a 300 metros; superfícies tabulares de cimeiras, com relevo plano, encostas e desníveis mais acentuados de vales e elevações.

O relevo urbano é composto por leves ondulações e com elevações cuja altitude situa-se em torno de 222 metros.

O clima é semiárido, com chuvas de verão. A temperatura máxima pode alcançar os 36 °C, enquanto a mínima alcança os 18 °C. O mês mais seco é agosto, onde a pluviosidade pode ser nula, e o mês de março é o de maior pluviosidade com uma média de 152 mm. O mês mais quente do ano é outubro com temperatura média de 28,9 °C, enquanto a temperatura mais baixa é registrada em julho, quando pode atingir a temperatura média de 25,6 °C.

A vegetação do município de São João do Piauí está vinculada ao Corredor Ecológico da Serra da Capivara e Serra das Confusões, representada principalmente pela Caatinga e, também pelo Cerrado. Na área do estudo a Caatinga é que está presente.

Dois situações distintas para solos: na margem esquerda (cidade) predomina a classe Argissolo Vermelho Amarelo, de relevo ondulado e suave ondulado, seguindo-se Neossolos Flúvicos profundos, bem a moderadamente drenados. Apresentam-se planos e com boas condições de fertilidade natural.

## **4 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**

### **4.1 INDICADORES DEMOGRÁFICOS E EDUCACIONAIS**

Tem sido um lugar comum colocar as atividades agropecuárias em uma posição de maior relevância na economia do estado e dos

municípios, todavia, excluídas as exceções, aquelas atividades são as que participam com menor percentual na composição do produto interno bruto (PIB municipal).

Considerando idade jovem aquela de até 19 anos, observa-se que a população de São João do Piauí é bastante jovem, tendo-se ainda a população de idosos relativamente pequena. A Tabela 1 é esclarecedora a respeito.

**Tabela 1.** Distribuição percentual da população de São João do Piauí, por grupos de idade, e percentuais.

<b>Grupos de idade</b>	<b>Percentual</b>
De 0 a 4 anos	9,32
De 5 a 9 anos	10,40
De 10 a 19 anos	21,10
De 20 a 29 anos	18,92
De 30 a 39 anos	12,92
De 40 a 49 anos	10,62
De 50 a 59 anos	7,20
De 60 anos e mais	9,52
<b>Percentual total</b>	<b>100</b>

Fonte: Equipe baseada em dados da Fundação CEPRO/IBGE, 2007.

No que se refere aos anos de estudos da população, a Tabela 2 mostra a situação: 54,6% da população frequentou até 3 anos de estudo, que corresponde a uma parcela do Ensino Fundamental. Somente 26,8% completaram o Ensino Médio, e pouco mais de 7% estão representados por uma parcela que concluiu o Ensino Médio e outra o Ensino Superior.

**Tabela 2.** Percentuais da população de São João do Piauí por grupos de anos de estudos.

<b>Grupos de anos de estudos</b>	<b>Percentual</b>
Sem instrução ou com até 1 ano	23,3
De 1 a 3 anos	31,3
De 4 a 7 anos	26,8
De 8 a 10 anos	10,2
De 11 a 14 anos	7,3
De 15 anos ou mais	0,3
Sem condição determinada	0,8
<b>Percentual total</b>	<b>100</b>

Fonte: Equipe baseada em dados da Fundação CEPRO/IBGE.

## 4.2 INDICADORES ECONÔMICOS

### 4.2.1 Composição do Produto Interno Bruto Municipal

Em 2014, o Produto Interno Bruto municipal alcançou a cifra de 165,6 milhões de reais, a preços correntes, ocupando a 23ª posição no ranking estadual<sup>4</sup> e o segundo do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, superado pelo PIB de São Raimundo Nonato.

Os números do IBGE Cidades relativos ao ano de 2014 são elucidativos neste aspecto<sup>5</sup>, como pode ser visto na Tabela 3.

**Tabela 3.** Composição do Produto Interno Bruto do município de São João do Piauí, PI.

<b>Componentes</b>	<b>Percentual</b>
Impostos Líquidos	8,32
Administração, Saúde, Educação, e Seguridade Social	39,39
Agropecuária	3,41
Indústria	5,86
Serviços	43,02
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte. IBGE Cidades (2014).

<sup>4</sup> Estimativa da equipe com base nos dados do IBGE sobre PIB municipal.

<sup>5</sup> Cálculos elaborados pela equipe com base nas informações do IBGE relativamente ao ano 2014.

Os Serviços e a Administração, a Saúde, a Educação, e a Seguridade Social somados representam, em proporção quase igualitária, 82,41% do PIB municipal, completando-se com pequena participação de Impostos Líquidos, Agropecuária e Indústria.

No plano de rendimentos mensais<sup>6</sup>, 56,60% da população auferem rendimentos de até um salário mínimo; 30,20% recebem de 2 a 5 salários mínimos mensais; 6,7% recebem de 5 a 20 salários mínimos, e 0,7% recebe mais de 20 salários mínimos. Cerca de 5,8% da população apresenta-se sem rendimentos.

#### **4.2.2 Produção agropecuária**

No plano agropecuário, produz, principalmente, feijão, mandioca, milho e mais recentemente incorporou a produção de uvas, e cria bovinos de leite e de corte, caprinos, ovinos, suínos e aves.

#### **4.2.3 Infraestrutura básica e condições sanitárias**

A cidade conta com serviços de telefonia, correios, energia elétrica, hospital, postos de saúde, rodovias, terminal rodoviário, sinal de televisão e Internet, entre outros serviços. A cidade de São João do Piauí faz parte da interligação de energia elétrica no sistema Norte-Nordeste, com uma subestação ali instalada, participando com linha de transmissão em 500 KV. Também conta com a Barragem do Jenipapo, sobre o Rio Piauí, 14 km à montante da sede municipal, cuja capacidade total de armazenamento de água é da ordem de 248 milhões de metros cúbicos, uma das maiores do estado.

#### **4.2.4 Saúde**

De acordo com o IBGE Cidades 2006, o município contava com seis estabelecimentos com atendimento ambulatorial, 1 com atendimento de emergência; dois com atendimento de emergência; quatro estabelecimentos de saúde sem internação pública; cinco estabelecimentos de saúde municipais, e 57 leitos para internação.

---

<sup>6</sup> Fonte: IBGE, Censo Demográfico – 2000.

## 5 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em três etapas assim descritas:

Na primeira etapa, de escritório, foi realizada consulta à literatura e a imagens de satélite (Google Earth, 2019), nas quais foram estudados os aspectos físicos do Rio Piauí na faixa de interesse do trabalho.

A segunda etapa consistiu em uma viagem de campo para realização do diagnóstico, do qual resultou um mapa preliminar localizando pontos fortes e pontos de fragilidade ambiental.

Seguiu-se circunstanciado caminhamento em ambas as margens do rio, para coleta de dados, com uso de um veículo 4x4, um aparelho GPS Garmin modelo E-trex 30, com o qual foram registradas as coordenadas dos pontos analisados, e uma câmara fotográfica digital Sony 12.1 megapixels, para registros fotográficos dos pontos estudados. Todas as informações foram registradas em fichas específicas, sintetizando a memória da pesquisa. Nas fichas constaram as seguintes informações (outras informações auxiliares foram acrescentadas com base em imagens de satélite):

- a) Localização do ponto estudado.
- b) Descrição dos elementos existentes, como por exemplo, rodovias, construções, indústrias, cobertura florestal, solo exposto, gramíneas, esgoto, entulho, focos de erosão, assoreamento, ocupação irregular, ocupação e uso do solo agrícola.
- c) Entrevistas com moradores locais e com técnicos da Prefeitura Municipal.
- d) Presença/ausência de lixo doméstico nas margens e no leito do rio; lançamento de esgotos diretamente no rio; escavações e atividades industriais; criação de animais (gado bovino, equinos e suínos).
- e) Existência de postos de combustíveis, incluindo atividades de lavagem de veículos.
- f) Existência de passarelas ou barragens sobre o leito do rio.
- g) Situação do espelho d'água quanto à sua condição de água livre de cobertura vegetal e água com cobertura de plantas aquáticas (aguapé, por exemplo, e outros vegetais hidrófilos).
- h) Registros da flora e da fauna e a frequência com que ocorrem na região incluindo mamíferos, répteis, peixes,

anfíbios, pássaros e insetos, por meio visual ou por de informações de residentes.

- i) Situação do leito do rio quanto à presença de água, de limpeza, de poluição, assoreamento do leito e condições de erosão (ou ausência dela) no talude, se estável, se erodido, largura do rio (por imagem de satélite).
- j) Localização dos imóveis urbanos em relação à margem do rio, áreas abertas (campos), campos agrícolas com desmatamento até a margem; existência de matas ciliares protetoras das margens.
- k) Atividades agropecuárias de serviços ou industriais que possam interferir nas condições naturais do curso d'água.
- l) Coleta de uma amostra de água do rio para análise bacteriológica, utilizando-se sacos plásticos específicos para tal finalidade e com os cuidados exigidos para a tarefa. Foram analisados coliformes fecais a 35° (NMP/100mL – método NMP/100mL com uso de tubos múltiplos; *Escherichia coli* (NMP100mL método NMP/100 ml com uso de tubos múltiplos; Bactérias Heterotróficas Mesófilas (UFC/ml) método: contagem de placas – MAPA.
- m) Realização de medidas das áreas desmatadas/campos agrícolas em ambas as margens, bem como das áreas recobertas por vegetação de grande porte (por imagem de satélite).

A terceira e última etapa foi executada em escritório, com a análise e a avaliação do material e informações colhidas em campo para a elaboração do presente relatório.

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 CONDIÇÕES FÍSICAS DO RIO**

As condições físicas do Rio Piauí, na área urbana da cidade de São João do Piauí, foram analisadas de acordo com as anotações sobre mata ciliar e a situação do talude.

Na margem direita, a vegetação primitiva foi suprimida para a instalação de campos agrícolas e pastagens para o gado bovino. A mata ciliar existente é descontínua e geralmente constituída de algaroba

(*Prosopis juliflora* (Sw) DC), uma espécie exótica perfeitamente adaptada a esta região. São ainda encontrados, em pequena quantidade, juazeiro (*Ziziphus joazeiro*, Mart.), carnaúba (*Copernicia prunifera*), ingazeira (*Poecilanthe grandiflora* Benth), umarizeira (*Geoffroea spinosa* Jacq), muquém (*Albizia inundata*, (Mart.) Barneby & J. W. Grimes). A cidade de São João do Piauí está localizada na margem esquerda do rio, com o alinhamento e disposição de ruas, residências, prédios públicos, comércio e de outros tipos de serviços, trazendo benefícios e mazelas decorrentes. A cidade se estende por 3.240 metros paralelamente ao rio, sendo que cerca de 1/3 dessa extensão (aproximadamente 1.106 metros) as casas e quintais tangenciam o rio.

Da mesma forma que na margem direita, a mata ciliar da margem esquerda foi devastada para ceder lugar às construções urbanas. Dela restam poucos elementos vegetais, com presença maior de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC), geralmente de grande porte. Ao fim da área construída, a mata ciliar se adensa, com presença de algaroba, carnaúba (*Copernicia prunifera*), ingazeira (*Poecilanthe grandiflora* Benth), umarizeira (*Geoffroea spinosa* Jacq), muquém (*Albizia inundata*, (Mart.) Barneby & J. W. Grimes. Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*, Mart.), principalmente.

Em termos gerais, a mata ciliar, onde ainda existente, apresenta largura variável de 10 a 40 metros.

No leito do rio, mas não em contato direto com a água, foram registrados moçamb. (*Celoma spinosa* Jacq.), algodão de seda *Alotropa prócer* (Aílton) W.T. Aiton., malva (*Herissantia crispa* (L.) Brizicky, melão de são Caetano (*Momordica charantia*, L), pinhão brabo (*Jatropha pohliana*, Muell), marmeleiro (*Croton hemiargyreus*, Muell Arg), salsa (*Ipomea pescapra* Roth), cansação (*Jatropha obtusifolia* (Pohl ex Baill.) Müll.Arg), maria mole (*Exostyles venusta*), jitirana (*Ipomoea* sp.), erva cidreira (*Melissa officinalis*), calumbi (*Acacia tenuifolia* (L.) Willd).

Na água foi observada, em caráter constante e em grandes proporções, a presença do aguapé<sup>7</sup> (*Eichhornia crassipes* Mart).

---

<sup>7</sup> Uma planta aquática flutuante que se desenvolve com muita desenvoltura nas condições de clima quente, desde que encontre condições de nutrição adequadas, caso de rios poluídos. Quando o aguapé ocupa o espaço com muita abundância pode impedir a proliferação de algas responsáveis pela oxigenação da água.

O talude do Rio Piauí, na zona urbana, apresenta-se, de modo geral, bem conservado, mostrando estabilidade, mas foram observadas algumas situações de instabilidade por desbarrancamento e por erosão que resultam em carreamento de solo para o leito do rio. Tais situações de erosão estão assim localizadas:

No trecho urbano o talude apresenta problemas de conservação, conforme registrado nos seguintes intervalos: entre as coordenadas de  $8^{\circ}21'13,1''S$  e  $42^{\circ}14'27,4''E$  e  $8^{\circ}21'39,0''S$  e  $42^{\circ}14'33,0''W$ , onde o talude torna-se inclinado por 26 metros.

No segmento identificado pelas coordenadas  $8^{\circ}21'39,9''S$  e  $42^{\circ}14'31,7''W$  existe uma voçoroca perpendicular ao rio, recortando o talude desde o topo até o leito do rio, com forte inclinação. Essa voçoroca encontra-se completamente ocupada por lixo doméstico e de esgotos transportados, por gravidade, das ruas para o rio. Por sua vez, no campo vizinho, à direita desse ponto de observação foi localizada outra voçoroca ocasionada pelas águas do rio, rasgando os Neossolos Flúvicos.

Outro ponto de deterioração do talude está situado ao lado da Associação Atlética Banco do Brasil (AABB). O desgaste foi realizado pelas forças da correnteza das águas, por ocasião das grandes cheias do rio, de tal modo que o muro do campo de futebol está ameaçado pela possibilidade de desbarrancamento.

Foi observado que na margem esquerda está concentrada toda a deposição de esgoto doméstico no rio, ora distribuído a céu aberto, escorrendo pela superfície, ora em tubulação subterrânea, neste último caso representados por sete locais de deposição.

A margem direita apresentou poucas situações de deposição de resíduos sólidos no leito do rio e nenhuma de esgotos domésticos, mas foram registrados currais de bovinos muito próximos do rio.

No trecho urbano Sudoeste desta margem, onde as ruas já se distanciam do rio, é mantida a mesma condição de muito lixo, encontrando-se, inclusive, restos de carcaças de animais de grande porte e ossadas parcialmente incineradas. Neste trecho, também foram observadas algumas placas disponibilizando lotes de terra à venda, o que pode significar novos prédios a serem construídos na margem do rio.

Foi registrada a existência de uma pequena fábrica de artefatos de cimento (bloquetes) nas proximidades da AABB.

Consta a existência de matadouro e pocilgas primitivas na margem do rio.

Trata-se de uma área bem servida de estradas carroçáveis e por energia elétrica. Nela, foram registradas duas aglomerações urbanas originadas de processo de redistribuição fundiária, distanciadas entre si por 700 metros. Os aglomerados urbanos estão distanciados do rio, o maior deles por 170 metros, e o menor por 280 metros.

Existem residências de proprietários rurais ao longo das estradas ali existentes.

Em razão dos desmatamentos, que resultaram na exclusão da mata ciliar, alguns trechos das margens do rio encontram-se desgastados pela erosão hídrica associada aos trabalhos na agricultura. Dois trechos mereceram destaque no que se refere à erosão das margens: o primeiro está situado defronte às Travessas Santo Antônio e Henrique Coelho, medindo aproximadamente 350 metros de desgaste do talude. O segundo trecho compreende o espaço situado entre as coordenadas geográficas de 8°20'55,5"S e 42°15'19,6"W e 8°20'55,7"S e 42°15'25,2"W.

Constatou-se, por informação, a existência de jacarés, peixes (surubim, tilápia, piaba); aves diversas, como: casaca de couro, sabiá, anu preto, garça, cabeça vermelha, entre outras). Não foi registrada a presença de mamíferos silvestres.

## 6.2 CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DO RIO

Cerca de 90% do espelho d'água do Rio Piauí encontram-se ocupados por aguapé. Outras espécies vegetais se desenvolvem no leito do rio, mas não dentro da água. São elas: salsa, maria mole, mussambê, calumbi, melão de são caetano.

Constatou-se a presença de sacos plásticos, restos de móveis, porções de plástico oriundas de artefatos domésticas; restos de sifão, pneus diversos, todos vistos flutuando ou semienterrados no leito. Constatou-se, também, a presença de esgotos lançados no rio, em pontos diversos da zona urbana.

A cor da água é escura em face da turbidez resultante do material em suspensão. A turbidez da água no Rio Piauí, na zona urbana, encontra-se bem caracterizada na passagem molhada

(coincidente com a Rua XV de Novembro, cuja posição geográfica está determinada pelas coordenadas de 8°21'15,4"S e 42°14'56,1"W). Nessa passagem molhada, a água escoava por três tomadas, permitindo ver a coloração escura resultante da poluição existente (material em suspensão).

O resultado das análises de duas amostras de água realizadas em laboratório, coletadas próxima à ponte sobre a BR-020 (08°21'57,8"S e 42°14'12,2"W) e em um ponto no centro da cidade (coordenadas 08°21'23,8"S e 42°16'45,7"W), revelou que a qualidade da água está em DESACORDO com os padrões legais vigentes para potabilidade biológica (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resultados das análises de água do Rio Piauí.

Parâmetros da amostra 1	Parâmetros da amostra 2
Coliformes a 35° >1,6 x 10 <sup>3</sup>	Coliformes a 35° 1,1x 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i> >1,6 x 10 <sup>3</sup>	<i>Escherichia coli</i> -1,1 x 10 <sup>2</sup>
Bactérias Heterotróficas Mesófilas - 9,2 x 10 <sup>3</sup>	Bactérias Heterotróficas Mesófilas - 4,7 x 10 <sup>3</sup>

## 7 RECOMENDAÇÕES

Há necessidade de intervenção do poder público e da população em geral de adotar providências no sentido de voltar-se para a conservação do Rio Piauí em sua zona urbana na cidade de São João do Piauí, seu maior patrimônio, para isso são feitas as seguintes recomendações:

- a) Executar um programa de educação ambiental envolvendo jovens e adultos, especialmente professores e estudantes, em toda a zona urbana.
- b) Efetuar limpeza permanente das águas do Rio Piauí, eliminando toda a vegetação flutuante.
- c) Executar um programa de despoluição do rio, iniciando com o levantamento das fontes de poluentes para posterior tratamento, como forma de eliminar a eutrofização das águas do rio.
- d) Devolver o rio à população, com área de lazer sadio.

- e) Elaborar e executar plano de vegetação complementar de áreas não vegetadas da mata ciliar, conforme as indicações da Tabela 5.
- f) Monitorar as atividades de conservação do rio.
- g) Construir muralha de sacos de areia, para estabilizar o talude.
- h) Preparar mudas e construir viveiros de plantas nativas.

**Tabela 5.** Situação da vegetação encontrada nas duas margens do Rio Piauí, na zona urbana/suburbana de São João do Piauí.

Margem esquerda		Margem direita	
Situação da vegetação da margem	Área (ha)	Situação da vegetação da margem	Área (ha)
Campos desmatados e vegetação de grande porte esparsa na margem do rio	10	Campos desmatados e vegetação de grande porte esparsa na margem do rio	9,34
Misto de campo desmatado e mata ciliar bem desenvolvida, mas estreita	6	Misto de campo desmatado e mata ciliar bem desenvolvida, mas estreita	6,66
<b>Área total</b>	<b>16</b>	<b>Área total</b>	<b>16</b>

## 8 MEDIDAS MITIGADORAS

- a) Implementar o sistema de saneamento básico na cidade de São João do Piauí, que é uma medida relevante par melhorar os padrões de higiene e saúde da população e sustentabilidade do rio.
- b) Utilizar técnicas da bioengenharia para revegetação da mata ciliar nos trechos sugeridos e preservação dos taludes (uso de elementos biologicamente ativos, como vegetais apropriados, para as diversas situações de declividade associado a materiais inertes tais como: madeiras, polímeros, mantas vegetais - geomantas, geotêxtis - nos pontos assinalados pela equipe).
- c) Construir um viveiro municipal para produção e distribuição de mudas de acordo com as necessidades do município.
- d) Isolar as áreas onde será feita a revegetação.

e) Monitorar as margens e a água do rio, por um período de um ano, com o objetivo de determinar as fontes da poluição hídrica e a qualidade da água para usos múltiplos.

f) Evitar a ocupação irregular de APPs, geralmente, quando nas zonas urbanas, caracterizada como fonte potencial de contaminação das águas superficiais.

g) Desenvolver planos de desapropriação e relocação de moradores que habitam as APPs na cidade.

h) Planejar o processo de ocupação das áreas ribeirinhas, de modo a não submeter a população a eventos de inundação e de erosão dos taludes.

i) Recuperar áreas degradadas.

j) Identificar as áreas de maior potencial de lazer e transformá-las em bem de uso público por meio da criação de parques, pistas de caminhada e ciclismo, quadra de esportes, ambientes para recreação.

As medidas mitigadoras sugeridas têm como objetivo viabilizar condições alternativas para prevenir, corrigir, compensar os impactos negativos causados ao rio e devolvê-lo ao lazer da população.

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piauí, em São João do Piauí, se constitui em valiosa ferramenta para o planejamento ambiental da área, já que este fornece dados sobre a capacidade de regulação das funções geoecológicas segundo o grau de intervenção antrópica em seus componentes naturais. Ademais, este documento revela os conflitos da ocupação das APPs com a legislação ambiental.

As avaliações revelam a existência de inquestionáveis modificações ambientais no trecho urbano do Rio Piauí. Trata-se de ambientes com relativa heterogeneidade, tais como mata ciliar devastada, presença de plantas aquáticas, troncos, galhos, lixo, deposição de esgoto doméstico e a alternância entre ambientes compostos por campos agrícolas e pastagens.

É oportuno ressaltar que o trecho urbano do Rio Piauí é importante por contribuir para a subsistência da população ribeirinha

que explora os recursos tanto de origem vegetal como animal. Além disso, o curso d'água contribui para amenizar o clima, proporcionando maior bem-estar para a população.

Por fim, os dados obtidos neste diagnóstico ambiental fornecem subsídios para a elaboração de propostas de medidas mitigadoras, já que estas objetivam a proteção das paisagens.

O diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piauí, em São João do Piauí, constitui-se em ferramenta de fundamental importância para o planejamento ambiental da área, porquanto fornece informações sobre a capacidade de regulação das funções geoecológicas locais segundo o grau de intervenção antrópica em seus componentes naturais. Ademais, ressalta-se que este documento mostra os conflitos entre ocupação das APPs e a legislação ambiental.

Entre as principais graves modificações ambientais registradas, constam, as seguintes: mata ciliar devastada, presença de plantas aquáticas, troncos, galhos, lixo, deposição de esgoto doméstico no leito do rio, e a alternância entre ambientes compostos por campos agrícolas e pastagens.

É oportuno lembrar que o trecho urbano do Rio Piauí tem também relevância em aspectos socioeconômicos locais, por contribuir para a subsistência da população ribeirinha que explora os recursos tanto de origem vegetal como animal ali existente.

Além disso, o curso d'água contribui para amenizar o clima, proporcionando maior bem-estar para a população.

Por fim, ressalta-se que os dados obtidos no diagnóstico ambiental fornecem subsídios para a elaboração de propostas de medidas mitigadoras, já que estas objetivam a proteção das paisagens.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm). Acesso em: 15 fev. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Brasília: CONAMA, 29 mar. 2006. p. 150 – 151.

CECONI, D. E. **Diagnóstico e recuperação da mata ciliar da sanga Lagoão do Ouro na microbacia hidrográfica do Vacacai-Mirim, Santa Maria – RS.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, 2010.

COSTA, E. J. Impactos ambientais no Córrego Palmital no município de Urutaí – GO. **Enciclopédia Biosfera**, n. 1, p. 1-23, 2005.

COZER, S. R.; FRIGO, E. P.; MARI JÚNIOR, A.; BASTOS, R. K.; THAÍS, C.; CABRAL, A. C. Diagnóstico ambiental da bacia Arroio Ouro Verde. **Cultivando o saber**, Cascavel – PR, v. 6, n. 1, p. 103-113, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo, S.P: Edgar Blücher., 1981. 188p.

DIAS, P. A. S.; FRANCISCONI, A. F.; AMÉRICO, C.; MASULLO, L. S. M.; SILVA, T. C. F. Diagnóstico da área de preservação permanente de um trecho de afluente do Rio Sorocaba. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 13. n. 24: p. 382. 2016.

FREDERICE, A.; AMARAL, D. C.; MOREIRA, D. C.; SHITARA, J.; FUESS, L. T.; COSTA, N. R.; CURAN, R. M.; REIS, F. A. G. V. GIORDANO, L. C. Diagnóstico ambiental do Rio Corumbataí em trecho urbano do município de Rio Claro, SP. **Geociências**, v. 29, n. 4, p. 643-657, 2010.

FREITAG, R. **Avaliação do grau de regeneração de unidades demonstrativas de restauração ecológica situadas no Alto Rio São**

**Lourenço, Campo Verde – MT.** 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

GOOGLE EARTH. **Image.** Maxa Technologies, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios:** 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares.** In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP/Fapesp, 2000.

LOSS, J. F.; FRANK, F.; SOUSA, G.; PAZINATTO, C. A.; MARTINS, L. F. B. Diagnóstico ambiental da área degradada por lixo – Práticas da gestão ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador, BA. **Anais [...].** Salvador, BA: IBEAS, 2013. p. 1-5.

PIAUÍ. **Lei Orgânica do Município de São João do Piauí, PI, de 03 de outubro de 2019.** Dispõe sobre a revisão da Lei orgânica Municipal de São João do Piauí, São João do Piauí, PI. Disponível em: [www.saojoaodopiaui.leg.br](http://www.saojoaodopiaui.leg.br). Acesso em: 15 fev. 2020.

RICETO, A. **As áreas de preservação permanente (APP) urbanas:** sua importância para a qualidade ambiental nas cidades e suas regulamentações. Disponível em: <http://catolicaonline.com.br/revistadacatolica2/artigosn4v2/08-geografia.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2015.

RIZZI, N. E. **Hidrologia Florestal e manejo de bacias hidrográficas.** Curso de Engenharia Florestal da UFPR, 2011. Disponível em: em [www.hidrologia.ufpr.br](http://www.hidrologia.ufpr.br). Acesso em: 15 fev. 2015. (Apostila, 25 capítulos, 3,5GB).

## APÊNDICE Documentação fotográfica (autores)



**Fotos 1, 2, 3 e 4.** Cultivos agrícolas e animais no pasto à margem direita do Rio Piauí.



**Foto 5.** Algarobas presentes na mata ciliar do Rio Piauí.



**Foto 6.** Desbarrancamento no talude do Rio Piauí.



**Foto 7.** Carreamento do solo para o leito do Rio Piauí.



**Foto 8.** Voçoroca perpendicular ao do Rio Piauí, repleta de lixo doméstico e de esgotos.



**Foto 9.** Extensa voçoroca ocasionada pelas águas do Rio Piauí.



**Foto 10.** Curral de bovinos na margem do Rio Piauí.



**Foto 11** Restos de carcaças de animais de grande porte e ossadas parcialmente incineradas.



**Foto 12.** Placas disponibilizando lotes de terra à venda.



**Foto 13.** Fábrica de artefatos de cimento (bloquetes).



**Foto 14.** Pocilga primitiva na margem do Rio Piauí.



**Fotos 15, 16 e 17.** Presença de aguapés em caráter constante e em grandes proporções na água do Rio Piauí.



**Fotos 18, 19, 20 e 21.** Sacos plásticos, restos de móveis, porções de plástico; restos de sifão, pneus diversos, flutuando ou semienterrados no leito do Rio Piauí.



## **CAPÍTULO 6**

Diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio  
Piracuruca, em Piracuruca, PI



## CAPÍTULO 6

### Diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piracuruca, em Piracuruca, PI

*Adolfo Martins de Moraes, Milcíades Gadelha de Lima, Adeodato Ari Cavalcante Salviano*



#### APRESENTAÇÃO

A Fundação AGENTE executou o estudo diagnóstico das atuais condições ambientais da área urbana do Rio Piracuruca, em Piracuruca, PI.

O trabalho foi realizado em parceria com a A Águas e Esgotos do Piauí S. A. (AGESPISA), com a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí (SEMAR) e com o apoio da Prefeitura Municipal de Piracuruca.

O mencionado estudo engloba o trecho sugerido pela AGESPISA, às margens do Rio Piracuruca, tomando-se como referência espacial desde o maciço da barragem de Piracuruca até os limites oeste da cidade, a partir de onde o rio se afasta da zona urbana.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a expansão das cidades, há aumento da pressão antrópica sobre os corpos hídricos nelas inseridos. Isso ocorre, entre outros fatores, devido aos benefícios que esses corpos oferecem, tais como amenização da temperatura do ar, pesca de subsistência e lazer.

Entretanto, o uso desordenado do solo e da água, o despejo de resíduos sólidos e a retirada da mata ciliar são alguns dos fatores que atuam na modificação dos ambientes naturais. A falta de políticas públicas é um agravante por culminar na falta de planejamento do uso dos recursos hídricos, do solo e das matas ciliares. O processo de degradação da mata ciliar resulta na perda quali-quantitativa da água, biodiversidade, controle da erosão, redução dos efeitos de enchentes e filtragem de resíduos químicos e sólidos.

Proteger as margens dos rios (criando uma “Faixa Marginal de Proteção”) garante hidraulicamente espaço para o rio encher durante as cheias mais fortes, evitando que este fique confinado e alague grandes regiões acima desse estrangulamento.

Outro fator importante das Áreas de Proteção Permanente (APPs) é impedir que em uma região que naturalmente enche de água seja ocupada.

O Código Florestal brasileiro tenta regulamentar, junto de outras leis, uma importante ferramenta para garantir um sistema de drenagem adequado que são APPs nas margens dos rios, ou como alguns gostam de chamar as “Faixas Marginais de Proteção”. A área de proteção permanente na margem de um rio é uma faixa que passa ao lado do rio e que deve ser preservada sem nenhuma ocupação, ou seja, não pode nem ter edificações.

Talvez o grande problema das APPs nas margens dos rios conforme aparece no Código Florestal é que elas são pensadas para regiões rurais ou, como diz o nome do código, florestas e não para regiões urbanas. Quanto à aplicação do Código Florestal em regiões urbanas, a lei é confusa e passível de várias interpretações.

Se considerarmos que o uso do solo urbano deva respeitar as APPs descritas no Código Florestal, colocará boa parte das cidades na ilegalidade. É muito problemático para as cidades brasileiras garantir que a ocupação das áreas urbanas se adéque ao Código Florestal. Em

muitos casos, a ocupação das margens dos rios é algo consolidado e a lei é simplesmente ignorada.

A Lei Federal nº 12.651/2012, popularmente conhecida como **Novo Código Florestal**, estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, APPs e as Áreas de Reserva Legal, a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

O município de Piracuruca também conta com diversas leis que garantem a proteção ao meio ambiente e a qualidade ambiental da cidade. Entre essas leis, pode-se destacar o Plano Diretor Municipal, **Lei Complementar nº001/06** que representa o instrumento básico de desenvolvimento do município, e que através de discussões com a comunidade, propicia a todos os cidadãos um lugar adequado para morar, trabalhar e viver com dignidade; - Lei Orgânica do Município de Piracuruca, PI, **Lei sancionada em 10 de outubro de 2006**.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o grau de impacto antrópico no trecho urbano do Rio Piracuruca no município homônimo, estado do Piauí, a fim de subsidiar futuras políticas públicas de conservação.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O diagnóstico permite a caracterização do cenário atual, entendido como estado geoambiental, proporcionando a identificação dos principais problemas ambientais existentes. A análise do diagnóstico fornece subsídios à efetivação de um prognóstico ambiental e socioeconômico, possibilitando a realização de uma proposta de ordenamento geoambiental.

## **3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA**

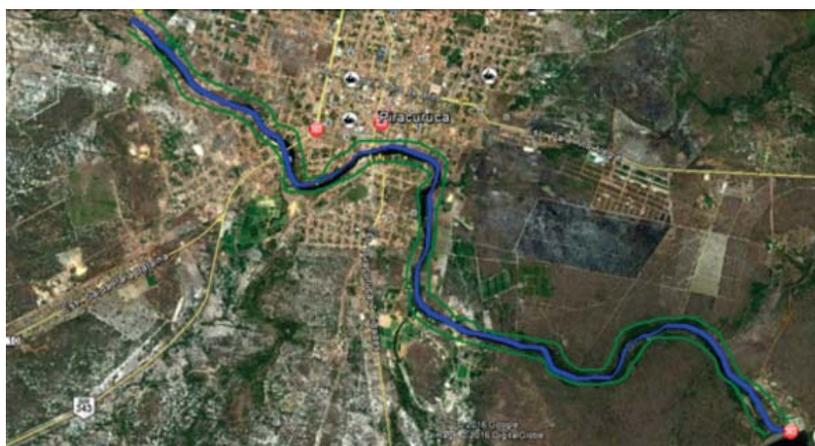
A área ciliar do trecho urbano, no município de Piracuruca, é delimitada pelas coordenadas: 03°55'34,23" a 03°57'39,38" latitudes Sul e 41°40'22,0" a 41° 43'55,22" longitudes Oeste (Figura 1).

O Município de Piracuruca está localizado na região norte do estado do Piauí, no Território de Desenvolvimento dos Cocais, seccionado, em parte, pelo Rio Piracuruca, cuja sede municipal está situada em ambas as margens, no médio curso.

Limita-se com os seguintes municípios: ao norte com Cocal/Carnaúbas do Piauí; ao sul Brasileira/ São João da Fronteira; a leste estado do Ceará/Cocal dos Alves/São João da Fronteira; a oeste com Batalha/São José do Divino/Caraúbas do Piauí.

Sua população total é de 28.242 habitantes, segundo estimativa do IBGE Cidades (2016). Ainda de acordo com o IBGE Cidades, a superfície municipal ocupa uma área de 2.369,51 Km<sup>2</sup>. Distância, aproximadamente, 207 km da capital do estado.

Está sob o domínio de clima subúmido seco, com duração do período seco de 6 meses. Temperatura média do ar de 27,5 °C e precipitação média pluviométrica anual de 1.305,8 mm.



**Figura 1** Localização da área do diagnóstico ambiental realizado em trecho urbano do município de Piracuruca, PI.

Legenda:  Área ciliar de trecho do Rio Piracuruca  
 Leito de trecho do Rio Piracuruca: extensão = 10,53 Km

A área é originalmente coberta pela vegetação de Cerrado, particularmente no espaço entre a Barragem de Piracuruca e a cidade. Foram registradas as seguintes espécies, entre outras: ambaíba (*Curatella americana*), pau terra (*Qualea parviflora*), sapucaia

(*Lecythis pisonis*, Miers), barbatimão (*Stryphnodendron* spp.), pau d'arco (*Tapebua serrotifolia*), carnaubeira (*Copernicia cerifera*), faveira (*Vatairea eryurocarpa*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), marfim (*Rarewolfolia pentaphilla*), jatobá (*Hymenea stegocarpa*). Nas proximidades do rio foi anotada a presença, em situação de maior ou menor densidade, salsa (*Ipomea pescapra* Roth), cansanção (*Jatropha obtusifolia* (Pohl ex Baill.) Müll.Arg), maria mole (*Exostyles venusta*), jitirana (*Ipomoea* sp.), aguapé (*Eichhornia crassipes* Mart) e uma variedade de gramíneas não identificadas pela equipe.

A geologia da área está representada, em sua maior extensão, por arenitos da Formação Cabeças<sup>8</sup>, finos bem selecionados, de cores claras, branco e cinza-amarelado, às vezes avermelhado, mas também médios e grosseiros, comumente conglomeráticos e com pouca argila. Tem 300 metros de espessura. Apresenta aspecto maciço, com estratificações cruzadas e forma relevo em “*cuesta*” com outras formações, mergulhando para Oeste. Ocorre, também, presença de sedimentos referentes ao Holoceno em alguns trechos sujeitos às cheias ocasionais do Rio Piracuruca.

Os solos locais estão constituídos de Argissolo Acinzentado, álicos, de textura média e até argilosa; Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos estes de pouca expressão espacial, mas de fertilidade média a elevada, muito utilizados na agricultura.

O relevo apresenta-se plano a suavemente ondulado.

Na área estudada foi observada a ocorrência de três riachos que deságuam no Rio Piracuruca, destacando-se o riacho do Borja (margem direita) e riacho dos Tucuns (margem esquerda, desaguando frente ao centro da cidade), e um terceiro riacho, no leste da cidade onde se inicia a zona urbana construída, cuja foz situa-se nas coordenadas de 3°57'4,63"S, 41°42'19,9"W, de denominação não identificada.

---

<sup>8</sup> Ministério de Minas e Energia/Secretaria de Minas e Metalurgia/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Mapa Geológico do Brasil, 1995. Escala 1/1.000.000.

## 4 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

### 4.1 INDICADORES DEMOGRÁFICOS E EDUCACIONAIS

De acordo com o IBGE Cidades, referente ao ano 2016, a população municipal total (estimada) é de 28.242 habitantes; a cidade conta com 7.720 domicílios. Considerando ainda a população residente, tem-se a seguinte distribuição percentual por faixa de idade<sup>9</sup> (IBGE, Censo Demográfico 2010) (Tabela 1):

**Tabela 1.** População do Município de Piracuruca, por grupos de idade e percentuais.

<b>Grupo de idades</b>	<b>(%) sobre o total</b>
De 0 a 4 anos	7,94
De 5 a 9 anos	10,01
De 10 a 19 anos	22,51
De 20 a 29 anos	17,10
De 30 a 39 anos	13,30
De 40 a 49 anos	10,60
De 50 a 59 anos	7,81
De 60 anos ou mais	10,73
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Fonte IBGE Cidades, 2010.

Como se pode observar, a população do município é composta, em grande proporção, por jovens e adultos não idosos, com, respectivamente 40,46% e 48,81% da população total, contando com uma população idosa na ordem de 10,73% do total.

No que se refere aos anos de estudos, a Tabela 2 mostra que 28,3% da população foi considerada sem instrução, incluindo as pessoas com menos de 1 ano de atividade escolar. Seguem-se 31,2% da

<sup>9</sup> Cálculo da equipe de trabalho com base em dados do IBGE Cidades. 2010.

população com 1 a 3 anos de estudo, o que, em termos de rigor, provavelmente não significa perfeito aprendizado, o que poderá elevar a 59,5% da população com nenhum ou baixo nível de ensino.

**Tabela 2.** Distribuição da população por grupos de anos de estudo, em valor absoluto e em percentual no Município de Piracuruca, PI.

<b>Grupo de anos de estudos</b>	<b>População</b>	<b>(%) sobre o total</b>
Sem instrução ou menos de 1 ano	5.355	28,3
De 1 a 3 anos	5.896	31,2
De 4 a 7 anos	4.471	23,6
De 8 a 10 anos	1.639	8,7
De 11 a 14 anos	881	4,7
De 15 anos ou mais	91	0,5
Não determinados	575	3,0
<b>Total</b>	<b>18.908</b>	<b>100,00</b>

Fonte: IBGE, Censo Demográfico – 2000.

## 4.2 INDICADORES ECONÔMICOS

### 4.2.1 Composição do Produto Interno Bruto Municipal

O produto interno bruto do município de Piracuruca está inserido entre os vinte maiores do estado e entre os sete maiores da região norte piauiense<sup>10</sup> e tem a Administração, a Saúde, a Educação, e a Seguridade Social como motor da economia, representado por 41,49% do PIB, seguindo-se Serviços com 37,76%. As atividades agropecuárias participaram com 6,76% da composição do PIB municipal, tendo ao lado a Indústria com 6,73% e Impostos Líquidos com 7,26% (Tabela 3).

<sup>10</sup>Fonte: IBGE Cidades, PIB de 2014. Pesquisa da equipe

No campo da ocupação de mão de obra, as atividades agropecuárias continuam no topo das que mais empregam, contando 5.710 homens e mulheres, enquanto os serviços empresariais não relacionados com a agropecuária empregam 1.908 pessoas (ano 2014). Esta posição é atribuída à administração pública e ao seu forte setor de serviços.

<b>Componentes</b>	<b>Percentual</b>
Impostos líquidos	7,26
Administração, Saúde, Educação, e Seguridade Social	41,49
Agropecuária	6,76
Indústria	6,73
Serviços	37,76
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Fonte. IBGE Cidades. 2014.

#### **4.2.2 Produção agropecuária – 2008**

As atividades agrícolas estão representadas pela exploração de algumas culturas temporárias e poucas permanentes. Entre os cultivos temporários destacam-se arroz, feijão, mandioca, milho e soja, que começam a expandir-se no norte do estado, ainda que de maneira tímida. As lavouras permanentes têm no caju a sua melhor expressão comercial, em decorrência da comercialização da castanha. Outras culturas estão representadas pelo coco-da-baía, e outras frutíferas de expressão apenas local, como a manga.

O efetivo da pecuária apresenta como principais rebanhos os bovinos, caprinos, ovinos e suínos. São ainda registrados equinos e muares. O criatório de aves é significativo na tradição da economia doméstica.

##### *4.2.2.1 Atividade de piscicultura*

No perímetro urbano, a equipe visitou vários tanques de criação de peixes (Fotos 9 e 10). Eles estão localizados nas margens do Rio

Piracuruca, predominantemente ao lado de dois riachos que defluem naquele rio. A proximidade dos cursos d'água permite o abastecimento de água dos tanques. A superfície ocupada pelos tanques compreende 4,20 hectares na margem direita e 31,56 hectares<sup>11</sup> na margem esquerda, situados, em média, a uma centena de metros do Rio Piracuruca, totalizando 35,76 hectares. Os tanques não dispõem de filtros para as águas utilizadas no criatório de peixes.

O volume de água utilizado em cada tanque é localmente expressivo. Um tanque com as dimensões de um hectare (10.000m<sup>2</sup>) ocupado por uma lâmina de água de 1 metro de profundidade conterà 10.000m<sup>3</sup> de água. No total, são 357,6 mil metros cúbicos de efluentes a serem devolvidos à natureza, um volume significativo de água que, uma vez devolvida contendo restos de rações e fezes dos animais poderá impactar águas praticamente paradas ou de fluxo muito lento como as do Rio Piracuruca (na maior parte do ano).

#### **4.2.3 Infraestrutura básica e condições sanitárias**

De acordo com o IBGE (2000), 76% dos domicílios piracuruquenses contavam com instalações de energia elétrica, contra 24% sem tal disponibilidade; 62,6% desses domicílios dispunham de banheiro ou sanitário, contra 37,4% sem essa condição, 44% dos domicílios contavam com coleta normal do lixo doméstico e 56% dos domicílios davam outra destinação ao lixo.

Segundo a opinião de autoridades municipais contatadas, esses números estão defasados, pois praticamente todas as casas contam com fossas sépticas e a coleta de lixo cobre todos os bairros da cidade.

#### **4.2.4 Saúde<sup>12</sup>**

O município conta com 23 estabelecimentos de saúde, 19 dos quais com atendimento ambulatorial completo, e 57 leitos para internação. A taxa de mortalidade infantil é 35,86; o IDH é 0,609, e o Índice de Exclusão Social 0,344.

---

<sup>11</sup> Medições realizadas pela equipe de trabalho por meio de imagens de satélite fornecidas pelo Google Earth de outubro de 2015.

<sup>12</sup> Fonte: IBGE Cidades, 2009.

## 5 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido conforme as seguintes etapas:

Na primeira etapa, de escritório, foi realizada consulta à literatura e a imagens de satélite (Google Earth, 2019), nas quais foram estudados os aspectos físicos do Rio Piracuruca na faixa de interesse do trabalho compreendida entre o maciço da Barragem de Piracuruca e o final da zona urbana, na localidade denominada Pedra Preta.

A segunda etapa consistiu em uma viagem de campo para realização do diagnóstico. A equipe manteve uma reunião de trabalho com o grupo da Prefeitura de Piracuruca/Secretaria de Meio Ambiente, objetivando introduzir o pessoal local no universo do trabalho, bem como obter apoio para os estudos que, em seguida, seriam feitos.

Seguiu-se circunstanciado caminhamento em ambas as margens do rio, para coleta de dados, com uso de um veículo 4x4, um aparelho GPS Garmin, modelo E-trex 30, com o qual foram registradas as coordenadas dos pontos analisados, e uma câmara fotográfica digital Sony 12.1 megapixels, para registros fotográficos dos pontos estudados. Todas as informações foram registradas em fichas específicas, sintetizando a memória da pesquisa. Nas fichas constaram as seguintes informações (outras informações auxiliares foram acrescentadas com base em imagens de satélite):

- a) Localização do ponto estudado.
- b) Descrição dos elementos existentes, como por exemplo, rodovias, construções, indústrias, cobertura florestal, solo exposto, gramíneas, esgoto, entulho, focos de erosão, assoreamento, ocupação irregular, ocupação e uso do solo agrícola.
- c) Entrevistas com moradores locais e com técnicos da Prefeitura Municipal.
- d) Presença/ausência de lixo doméstico nas margens e no leito do rio; lançamento de esgotos diretamente no rio; escavações e atividades industriais; criação de animais (gado bovino, equinos e suínos).
- e) Existência de postos de combustíveis, incluindo atividades de lavagem de veículos.
- f) Existência de passarelas ou barragens sobre o leito do rio.
- g) Situação do espelho d'água quanto à sua condição de água

livre de cobertura vegetal e água com cobertura de plantas aquáticas (aguapé, por exemplo, e outros vegetais hidrófilos).

h) Registros da flora e da fauna e a frequência com que ocorrem na região incluindo mamíferos, répteis, peixes, anfíbios, pássaros e insetos, por meio visual ou por de informações de residentes.

i) Situação do leito do rio quanto à presença de água, limpeza, poluição, assoreamento do leito e condições de erosão (ou ausência dela) no talude, se estável, se erodido), largura do rio (por imagem de satélite).

j) Localização dos imóveis urbanos em relação à margem do rio, áreas abertas (campos), campos agrícolas com desmatamento até a margem; existência de matas ciliares protetoras das margens.

k) Atividades agropecuárias, de serviços ou industriais que possam interferir nas condições naturais do curso d'água.

l) Coleta de uma amostra de água do rio, para análise bacteriológica, utilizando-se sacos plásticos específicos para tal finalidade e com os cuidados exigidos para a tarefa. Foram analisados coliformes fecais a 35° (NMP<sup>13</sup>/100mL – método NMP/100mL com uso de tubos múltiplos; *Escherichia coli* (NMP100mL método NMP/100 ml com uso de tubos múltiplos; Bactérias Heterotróficas Mesófilas (UFC/ml) método: contagem de placas – MAPA.

m) Realização de medidas das áreas desmatadas/campos agrícolas em ambas as margens, bem como das áreas recobertas por vegetação de grande porte (por imagem de satélite).

n) Registro da existência de empreendimentos de criação de peixes na zona urbana, nas proximidades do Rio Piracuruca e, principalmente, nas margens dos riachos que confluem no rio. Medidas de todos os complexos de produção de peixes nas imediações das duas margens (por imagem de satélite).

A terceira e última etapa foi executada em escritório, com a análise e avaliação do material e informações colhidos em campo para a elaboração do presente relatório.

---

<sup>13</sup> NMP-A técnica de Número Mais Provável (NMP) é um método que permite estimar a densidade de microrganismos viáveis presentes em uma amostra sob análise.

## 6 RESULTADOS

O homem tem modificado gravemente a natureza, destacando a agressão aos cursos d'água permanentes, transformando-os em canais onde fazem defluir grande parte dos dejetos por ele produzida. Assim também acontece ao Rio Piracuruca, que tem grande parte de suas águas poluídas em razão de descuidos ambientais, ora por falta de conhecimento e tradição, ora em face da ausência dos princípios básicos de educação ambiental.

Prosperar está sempre no pensamento humano, mas é necessário progredir e, ao mesmo tempo, inovar para que se transforme em cidadão moderno e preocupado com o meio ambiente, avaliando os seus valores e transformando o pensamento, de modo a procurar uma profícua relação com a natureza.

A situação do meio físico e de suas águas estudada pela equipe conduziu às seguintes conclusões:

### 6.1 CONDIÇÕES FÍSICAS DO RIO

No trecho estudado, o Rio Piracuruca apresenta-se como um curso d'água de margens estáveis e leito plano, porquanto sua declividade é praticamente zero. A cota inicial (Barragem) é 64 metros e a cota final (localidade Pedra Preta) é 55 metros, portanto com desnível de 9 metros e declividade irrelevante, com fluxo de água muito lento<sup>14</sup>. Apresenta curso sinuoso elaborando curvas de pequena extensão, margens recobertas por mata ciliar dominada pela vegetação do cerrado, a princípio, seguindo-se vegetação secundária e até terciária, mas sempre densa. Seu curso, na área estudada, corre no sentido Sudeste-Nordeste, apresentando neste trecho poucos afluentes.

O talude apresenta-se rochoso (arenito) na área da barragem e no extremo oposto, enquanto o trecho intermediário está constituído de Argissolo Acinzentado, bem como Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Aluviais. De modo geral, a inclinação do talude é da ordem de 45°, exceto no bairro Pedra Preta, onde assume inclinação vertical.

---

<sup>14</sup> Medição realizada pela equipe, por meio de imagem do Google Earth Pro.

As margens encontram-se recobertas por uma mata ciliar<sup>15</sup> constituída, ora pela vegetação do cerrado, ora por vegetação secundária de médio porte, de dossel denso. De modo geral, as margens estão também cobertas por um estrato gracioso denso que oferece boa proteção quanto às chuvas. Foram registradas algumas lacunas na mata ciliar em trechos onde o solo se apresenta rochoso (rochas areníticas) ou em razão de raras intervenções humanas no trecho correspondente à cidade.

Nesse trecho, há registro de vida aquática com a presença de peixes (surubim, tilápia, piaba). Foram observadas aves diversas, como: anu-preto, cabeça-vermelha, beija-flor, entre outras). Não foi registrada a presença de animais mamíferos silvestres.

## 6.2 CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DO RIO

As condições das águas do rio foram determinadas em dois trechos distintos: o primeiro compreende o espaço entre a barragem e o riacho Tucuns, e o segundo trecho compreende o espaço entre o referido riacho e o final da zona urbana na localidade Pedra Preta.

A velocidade de sua corrente não foi medida, todavia percebe-se ser muito lenta nas condições do rio cujas águas são fornecidas pela pequena vazão do deflúvio da válvula dispersora da barragem. Para a lentidão da corrente também contribui a pequena declividade do seu leito, inferior a um centímetro por quilômetro linear. As águas são rasas com lâmina em torno de um metro de profundidade média. São claras, de baixo nível de poluição, embora sejam observados pequenos trechos isolados recobertos por vegetação aquática flutuante.

Quatro quilômetros à jusante da Barragem de Piracuruca existe uma pequena barragem de concreto armado construída para retenção de água no leito do rio. Esta pequena barragem é utilizada na captação de água para o abastecimento da cidade.

No segundo trecho, o rio apresenta as mesmas características de margens estáveis, curso sinuoso e constante presença da mata ciliar mesmo na cidade. A erosão observada é laminar ligeira, sem representar problemas considerados sérios para o talude e o leito do rio.

---

<sup>15</sup> Ver fotos n° 6 e 7.

Neste trecho ocorrem dois problemas principais: o lançamento de efluentes originados na cidade (esgotos) e o lançamento de efluentes originados nos inúmeros tanques de criação de peixes localizados em suas imediações. A partir desse ponto registrou-se acentuada presença de aguapés e de gramíneas flutuantes recobrando a água<sup>16</sup> e, eventualmente, a ocorrência de mau cheiro. A vegetação flutuante torna-se muito densa a partir das coordenadas geográficas (3°57'4,63"S, 41°42'19,19"W), que coincidem com áreas ocupadas por centenas de tanques de criatório de peixes, sem que ficasse determinada uma correlação entre a operacionalização dos tanques e a vegetação flutuante. A presença dessa vegetação aquática indica a eutrofização da água.

A vegetação flutuante neste trecho não tem, também, caráter permanente, ocorrendo de forma intermitente, cessando e recomeçando depois de relativamente longo intervalo, mas sempre recobrando toda a superfície onde é encontrada.

O resultado das análises da água, realizadas em laboratório, coletada em frente da Prainha, revelou que ela está em **DESACORDO** com os padrões legais vigentes para potabilidade biológica, nos parâmetros Coliformes a 35° >1.600; *Escherichia coli* 1.600; e Bactérias Heterotróficas Mesófilas 2,3 x 10u .

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Considerando os problemas detectados eventualmente na mata ciliar, mas principalmente nas águas do rio, com efluentes diversos e eutrofização, foram elaboradas as seguintes recomendações, objetivando devolver ao rio as suas condições naturais como patrimônio maior do município e da cidade:

a) Executar um programa de educação ambiental envolvendo jovens e adultos, especialmente professores e estudantes, em toda a zona urbana.

b) Implantar um plano de trabalho conjuntamente com os piscicultores, visando uma produção de peixes com sustentabilidade ambiental.

---

<sup>16</sup> Fotos nº 1-2 e 5.

- c) Efetuar limpeza permanente das águas do Rio Piracuruca, eliminando toda a vegetação flutuante.
- d) Executar um programa de despoluição do rio, iniciando com o levantamento das fontes de poluentes para posterior tratamento, como forma de eliminar a eutrofização das águas do rio.
- e) Devolver o rio à população, com área de lazer sadio.
- f) Elaborar e executar plano de vegetação complementar de áreas não vegetadas da mata ciliar, conforme as indicações da Tabela 4.

**Tabela 4.** Trechos sugeridos para revegetação nas margens estudadas do Rio Piracuruca.

Situação da vegetação da margem	Margem esquerda		Margem direita		
	Área (ha)	Coordenadas geográficas	Situação da vegetação da margem	Área (ha)	Coordenadas geográficas
Pouca vegetação ou sem vegetação	0,67	3° 57'10,74"S	Pouca vegetação ou sem vegetação	0,29	3° 57'8,44'
		41°42'5,56"W			41°42'6,31'
	A	A			
	3°57'8,71"S	3°57'85''S			
	41°42'39,0"W	41°42'80,02			
	3° 56'15,54"S	3°56'13,65			
	0,82	41°42'35,7"W		41°42'12,30	
	A	1,00		a	
	3°56'18,47"	3°5'14,16"			
	41°42'40,07"W	41°42'14,16			
3°56'0,02"S	3°55'59,10				
1,93	41°43' 22,41"W	1,84	41°43' 22"		
a	a				
3°55'55,93"S	3°55'55,93'				
41°43,30"W	41°43'33,58				
<b>Total</b>	<b>3,42</b>	-	-	<b>3,13</b>	-

Fonte: elaboração da equipe de trabalho.

## **8 MEDIDAS MITIGADORAS**

a) Implementar o sistema de saneamento básico na cidade de Piracuruca é uma medida relevante para melhorar os padrões de higiene e saúde da população e sustentabilidade do rio.

b) Utilizar técnicas da bioengenharia para revegetação da mata ciliar nos trechos sugeridos e preservação dos taludes (uso de elementos biologicamente ativos, como vegetais apropriados, para as diversas situações de declividade associado a materiais inertes tais como: madeiras, polímeros, mantas vegetais - geomantas, geotexteis - nos pontos assinalados pela equipe).

c) Construir um viveiro municipal para produção e distribuição de mudas de acordo com as necessidades do município.

d) Isolar as áreas onde será feita a revegetação.

e) Monitorar as margens e a água do rio, por um período de um ano, com o objetivo de determinar as fontes da poluição hídrica e a qualidade da água para usos múltiplos.

As medidas mitigadoras sugeridas têm como objetivo viabilizar condições alternativas para prevenir, corrigir, compensar os impactos negativos causados ao rio e devolvê-lo ao lazer da população.

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As avaliações revelam que embora haja inquestionáveis modificações ambientais, o trecho urbano do Rio Piracuruca ainda apresenta relevância ecológica e social.

Embora nenhum dos pontos tenha recebido classificação de área “natural”, trata-se de ambientes com relativa heterogeneidade devido às regiões com a presença de plantas aquáticas, troncos, galhos e a alternância entre ambientes naturais e alterados.

É oportuno ressaltar que o trecho urbano do Rio Piracuruca é importante por contribuir para a subsistência da população ribeirinha que explora os recursos tanto de origem vegetal como animal. Além disso, o curso d’água contribui para amenizar o clima, proporcionando maior bem-estar para a população.

Finalmente, por se tratar de uma Área de Preservação Permanente e, portanto, amparada pela lei federal que instituiu o Código

Florestal, faz-se necessária a implantação de políticas públicas eficazes no sentido de restabelecer a integridade do sistema em questão.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm). Acesso em: 15 fev. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução 369, de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Brasília: CONAMA, 29 mar. 2006. p. 150 – 151.

CECONI, D. E. **Diagnóstico e recuperação da mata ciliar da sanga Lagoão do Ouro na microbacia hidrográfica do Vacacai-Mirim, Santa Maria – RS**. 2010. Dissertação (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, 2010.

COSTA, E. J. Impactos ambientais no Córrego Palmital no município de Urutaí – GO. **Enclopédia Biosfera**, n. 1, p. 1-23, 2005.

COZER, S. R.; FRIGO, E. P.; JÚNIOR, A. M.; BASTOS, R. K.; THAÍ, C.; CABRAL, A. C. Diagnóstico ambiental da bacia Arroio Ouro Verde. **Cultivando o saber**, Cascavel, PR, v. 6, n. 1, p. 103-113, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1981. 188p.

GOLDANI, J. Z.; CASSOL, R. Ocupação antrópica e socioambiental da microbacia do rio Vacacaí-Mirim – RS. **Geomática**, Santa Maria, RS, v. 3, n. 1/2, p. 43-55, 2008.

GLOAGEN, R. A. B. G.; MELO FILHO, J. F.; SILVA, P. S. O.; DOURADO, C. S.; SILVA JÚNIOR, J. J.; SOUZA, D. L. A. Diagnóstico preliminar de impactos ambientais na microbacia do ribeirão do Machado em Cruz das Almas – BA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1645-1648, 2007.

GOOGLE EARTH. **Image**. Maxa Technologies, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades:  
**Produto Interno Bruto dos Municípios.** 2014.

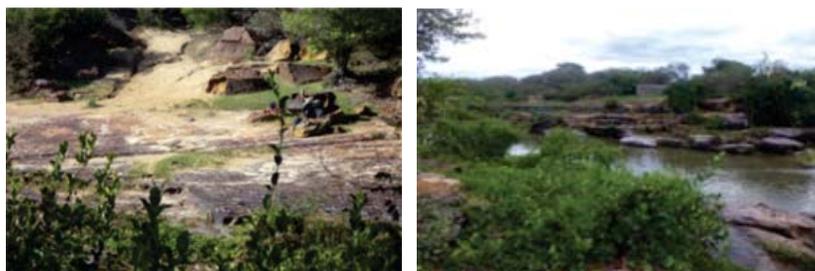
PIAUÍ. **Lei Orgânica do Município de Piracuruca, PI, de 10 de outubro de 2017.** Dispõe sobre a revisão da Lei Orgânica Municipal de Piracuruca, Piracuruca, PI. Disponível em [www.piracuruca.pi.leg.br](http://www.piracuruca.pi.leg.br). Acesso em: 15 fev. 2020.

PIAUÍ. **Lei Complementar nº001/06, de 10 de outubro de 2006.** Institui o Plano Diretor do Município de Piracuruca. 2006. Câmara Municipal de Piracuruca, Piracuruca, PI. Disponível em: [www.piracuruca.pi.leg.br](http://www.piracuruca.pi.leg.br). Acesso em: 15 fev. 2020.

## APÊNDICE Documentação fotográfica (autores).



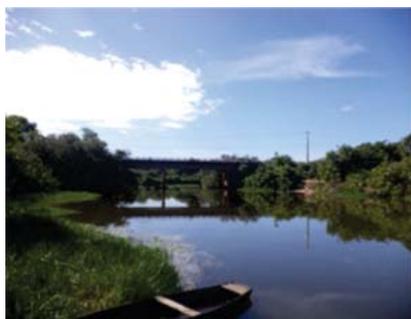
**Fotos 1 e 2.** Aguapés na Prainha, Rio Piracuruca, PI.



**Foto 3 e 4.** Leito rochoso (arenito) na região de Pedra Preta.



**Foto 5.** Gramíneas aquáticas na superfície da água; presença do aguapé.



**Fotos 6 e 7.** Margens do Rio Piracuruca preservadas com cobertura vegetal.



**Fotos 8 e 9.** Tanques de criação de peixes localizados às margens do Rio Piracuruca.



**Fotos 10 e 11.** Futura Estação de Tratamento de Esgotos de Piracuruca.

ISBN: 978-65-86171-80-8



9 786586 171808