



Universidade Federal de Mato Grosso  
Instituto de Ciências Exatas e da Terra  
Departamento de Matemática



**Michael Moises Morais Pereira**

**Estudo de funções usando dados de condições  
climáticas**

Cuiabá/ MT - 2024

Michael Moises Morais Pereira

Estudo de funções usando dados de condições  
climáticas

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Matemática – Profmat, da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Área de concentração: Ciências e Humanidades para Educação Básica.

Linha de pesquisa: Formação de Professores de Matemática da Educação Básica

Prof. Dr. Moiseis dos Santos Ceconello  
Orientador

Cuiabá - MT  
2024

## Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P436e Pereira, Michael Moises Morais.  
Estudo de funções usando dados de condições climáticas [recurso eletrônico] / Michael Moises Morais Pereira. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 92 f., il. color., pdf). -- 2024.

Orientador: Moiseis dos Santos Cecconello.  
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação Profissional em Matemática, Cuiabá, 2024.  
Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.  
Inclui bibliografia.

1. Funções Matemática. 2. Análise Climática. 3. Temperatura. 4. Modelagem Matemática. 5. Cuiabá. I. Cecconello, Moiseis dos Santos, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM [NOME DO PPG]**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: ESTUDO DE FUNÇÕES USANDO DADOS DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS**

**AUTOR: MESTRANDO MICHAEL MOISES MORAIS PEREIRA**

Dissertação defendida e aprovada em 30 de setembro de 2024.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA**

1. **Prof. Dr. Moiseis dos Santos Ceconello** (Presidente Banca/orientador)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

2. **Prof. Dr. André Krindges** (Membro Interno)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

3. **Prof. Dr. Jefferson Cruz dos Santos Leite** (Membro externo)

Instituição: Universidade Federal do Piauí

**Cuiabá, 30/09/2024.**



Documento assinado eletronicamente por **MOISEIS DOS SANTOS CECCONELLO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 01/10/2024, às 12:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANDRE KRINDGES, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 01/10/2024, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson Leite registrado(a) civilmente como Jefferson Cruz dos Santos Leite, Usuário Externo**, em 07/11/2024, às 15:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **7210923** e o código CRC **2338DF51**.

*À minha família, que sempre acreditou em mim e me apoiou nos momentos mais desafiadores. Aos amigos, por estarem ao meu lado com palavras de encorajamento e sorrisos que renovam a esperança. Àqueles que me ensinaram que a busca pelo conhecimento vale cada esforço, cada sacrifício.*

# Agradecimentos

---

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Dr. Moiseis dos Santos Ceconello, meu orientador, cuja orientação, paciência e incansável apoio foram fundamentais para a realização deste trabalho. Agradeço também aos membros da banca, Professor Dr. André Krindges e Professor Dr. Jefferson Cruz dos Santos Leite, pelas valiosas contribuições e sugestões que enriqueceram minha pesquisa.

Agradeço imensamente à minha família, especialmente ao meu pai, Mauro Pereira, e à minha mãe, Elisete Benta de Moraes, pelo amor, apoio incondicional e incentivo durante toda a minha trajetória acadêmica.

Sou grato à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e a todos os professores que contribuíram para a minha formação durante a graduação e o mestrado, em especial ao Professor João de Souza, à Professora Anna Ligia, ao Professor Reinaldo de Marchi e à Professora Thais Silva, que deixaram marcas significativas na minha trajetória.

Por fim, agradeço ao meu amigo Pablo Jackson, que foi um companheiro leal durante a jornada do mestrado, compartilhando desafios e conquistas, tornando essa experiência ainda mais valiosa.

Muito obrigado a todos.

“Educar é impregnar de sentido o que fazemos a cada instante”.

*Paulo Freire.*

# Resumo

---

Neste trabalho, apresenta-se uma análise detalhada das funções matemáticas aplicadas ao estudo das condições climáticas, com foco na temperatura da cidade de Cuiabá ao longo dos últimos 21 anos. O objetivo é compreender as variações climáticas e suas implicações, utilizando funções polinomiais, trigonométricas, exponenciais e logarítmicas para modelar os dados. A pesquisa discute a importância de entender as tendências de temperatura, suas consequências. Além disso, são apresentados exemplos práticos de como diferentes tipos de funções podem ser utilizados para interpretar os dados climáticos. Os resultados obtidos fornecem insights valiosos para a elaboração de estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, contribuindo para a conscientização da comunidade sobre a importância da análise climática.

Palavras chave: Funções Matemática; Análise Climática; Temperatura, Modelagem Matemática; Mudanças Climáticas; Educação Matemática; Dados Climáticos; Cuiabá.



# Abstract

---

This paper presents a detailed analysis of mathematical functions applied to the study of climatic conditions, focusing on the temperature of the city of Cuiabá over the last 21 years. The objective is to understand climatic variations and their implications, using polynomial, trigonometric, exponential, and logarithmic functions to model the data. The research discusses the importance of understanding temperature trends and their consequences. Additionally, practical examples are provided to illustrate how different types of functions can be used to interpret climatic data. The results obtained offer valuable insights for developing strategies for mitigation and adaptation to climate change, contributing to community awareness of the importance of climatic analysis.

Keywords: Mathematical Function; Climatic Analysis; Temperature; Mathematical Modeling; Climate Change; Mathematical Education; Climatic Data; Cuiabá.

# Lista de Figuras

---

2.1	Gráfico da função afim para diferentes valores de $a$ .	6
2.2	Gráfico da função afim para diferentes valores de $b$ .	6
2.3	Gráfico da função quadrática com $v_0 = 30$ unidades e $h_0 = 50$ unidades.	8
2.4	Gráfico da função quadrática $f(x) = 2x^2 + 10x + 100$ .	9
2.5	Gráfico da função polinomial $f(x) = x^5 - 6x^4 + 9x^3 + 4x^2 - 12x$ .	10
2.6	Gráfico da função polinomial $f(x) = x^6 - 4x^5 - 5x^4 + 20x^3 + 18x^2 - 24x$ .	11
4.1	Dados sem Tratamento.	23
4.2	Dados Tratados.	24
4.3	Gráfico de Precipitação Média e Mediana (2003-2023)	29
4.4	Gráfico de temperaturas do Termômetro Bulbo Seco	33
4.5	Gráfico de Temperaturas Média e Mediana Ponto de Orvalho (2003-2023)	36
4.6	Gráfico de Umidade Relativa Média e Mediana (2003-2023)	40
4.7	Gráfico de Precipitação mensal por ano em Cuiabá (2003-2023)	43
4.8	Gráfico de Precipitação Máxima Mensal em Cuiabá (2003-2023)	45
4.9	Gráfico de Curvas da Temperatura Média Mensal em Cuiabá (2003-2023)	47
4.10	Gráfico Temperaturas Bulbo Seco Mensais de 2003 a 2023	49
4.11	Gráfico Máximas Temperaturas Mensais Bulbo Seco de 2003 a 2023	52
4.12	Valores Mínimos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023	55
4.13	Valores Médios Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023	58
4.14	Valores Máximos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023	60
4.15	Valores Mínimos Mensais de Umidade Relativa (%) de 2003 a 2023	62
4.16	Valores Médios Mensais de Umidade Relativa (2003 a 2023)	64

4.17	Valores Máximos Mensais de Umidade Relativa (2003 a 2023)	66
5.1	Gráfico da média de umidade relativa por ano com linha de tendência	71
5.2	Regressão Linear da Média Máxima de Umidade Relativa por Mês	73
5.3	Gráfico da função quadrática ajustada e os pontos observados	75
5.4	Regressões Lineares para Janeiro, Fevereiro e Março (2003-2023)	77
5.5	Regressões Lineares para Abril, Maio e Junho (2003-2023)	78
5.6	Regressões Lineares para Julho, Agosto e Setembro (2003-2023)	78
5.7	Regressões Lineares para Outubro, Novembro e Dezembro (2003-2023)	79
5.8	Gráfico da função quadrática ajustada e os pontos observados	82

# Lista de Tabelas

---

4.1	Estatísticas da Precipitação por hora, em milímetros, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023. . . . .	27
4.2	Estatísticas da Temperatura Bulbo Seco por hora, em graus celsius, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023 . . . . .	31
4.3	Estatísticas da Temperatura Ponto de Orvalho por hora, em graus celsius, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023) . . . . .	34
4.4	Estatísticas de Umidade Relativa por hora, em porcentagem, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023 . . . . .	38
4.5	Valores Médios Mensais de Precipitação em milímetros por ano de 2003 a 2023 . . . . .	42
4.6	Precipitação Máxima mensal em milímetros em Cuiabá de 2003 a 2023 .	44
4.7	Valores Mínimos Mensais de Temperatura Bulbo Seco (°C) de 2003 a 2023	46
4.8	Temperaturas Bulbo seco Mensais por ano em graus Celsius de 2003 a 2023	48
4.9	Máximas Temperaturas Mensais Bulbo seco por ano em graus Celsius de 2003 a 2023 . . . . .	51
4.10	Valores Mínimos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023 . . . . .	54
4.11	Valores Médios Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023 . . . . .	56
4.12	Valores Máximos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023 . . . . .	59
4.13	Valores Mínimos Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023	61
4.14	Valores Médios Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023	63
4.15	Valores Máximos Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023	65
5.1	Valores Máximos Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023	67

5.2	Média Máxima de umidade relativa por ano. . . . .	68
5.3	Máximas Temperaturas Mensais Bulbo seco por ano em graus Celsius de 2003 a 2023 . . . . .	76
5.4	Número de registros de chuvas por hora em Cuiabá de 2003 a 2023 . . . .	80
5.5	Média Mensal de Registros de Chuvas por Hora em Cuiabá (2003-2023) . .	80

# Lista de siglas

---

A seguir, segue-se as siglas utilizadas nesta dissertação.

Profmat Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional;

UFMT Universidade Federal de Mato Grosso;

ICET Instituto de Ciências Exatas e da Terra;

DMAT Departamento de Matemática.

# Sumário

---

Introdução	1
1 Motivação	2
2 Revisão das principais funções	4
2.1 Introdução	4
2.2 Função Afim	5
2.2.1 Exemplo 1: Variação do parâmetro $a$	5
2.2.2 Exemplo 2: Variação do parâmetro $b$	5
2.3 Função Quadrática	6
2.3.1 Exemplo 1:	8
2.3.2 Exemplo 2:	8
2.4 Funções Polinomiais	9
2.4.1 Exemplo 1: Função Polinomial de Grau 5	10
2.4.2 Exemplo 2: Função Polinomial de Grau 6	10
3 Ajustes de Parâmetros em Funções	12
3.1 Métodos de Ajuste de Parâmetros: Método dos Mínimos Quadrados	12
3.1.1 Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados em uma Função Afim	13
3.1.2 Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados em uma Função Quadrática	14
3.1.3 Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados em uma Função Polinomial	15
4 Dados de Condições Climáticas	17
4.1 Introdução	17
4.2 INMET	18

4.3	Descrição das variáveis . . . . .	19
4.3.1	Precipitação . . . . .	19
4.3.2	Temperatura de bulbo seco . . . . .	20
4.3.3	Temperatura do Ponto de Orvalho . . . . .	20
4.3.4	Umidade Relativa do Ar . . . . .	21
4.4	Descrição dos dados e tratamento . . . . .	22
4.5	Medidas de dispersão: Média, mediana e desvio padrão . . . . .	25
4.5.1	Precipitação . . . . .	27
4.5.2	Temperatura Bulbo Seco . . . . .	31
4.5.3	Temperatura Ponto de Orvalho . . . . .	34
4.5.4	Umidade . . . . .	38
4.6	Valores Mínimos, Médios e Máximos . . . . .	41
4.6.1	Precipitação . . . . .	42
4.6.2	Temperatura Bulbo Seco . . . . .	46
4.6.3	Temperatura Ponto de Orvalho . . . . .	54
4.6.4	Umidade Relativa . . . . .	61
5	Estudo de Funções com dados climáticos . . . . .	67
5.0.1	Médias Máximas de umidade relativas Mensais . . . . .	71
5.0.2	Regressão Linear Para cada mês de todos os anos . . . . .	76
5.1	Regressão Linear em Precipitação . . . . .	79
5.1.1	Quantidade de chuvas por hora . . . . .	79
6	Plano de Ensino . . . . .	83
6.1	Plano de Ensino: Ensino de Funções utilizando Dados de Variações Climáticas . . . . .	85
	Conclusão . . . . .	89
	Referências Bibliográficas . . . . .	90



# Introdução

---

O estudo das funções matemáticas é fundamental para a compreensão de fenômenos complexos, como as variações climáticas. A cidade de Cuiabá, localizada em uma região de clima tropical, apresenta características climáticas que exigem uma análise cuidadosa para entender as suas tendências ao longo do tempo. Nos últimos 21 anos, as mudanças na temperatura têm se tornado uma preocupação crescente, refletindo não apenas as variações naturais do clima, mas também os impactos das atividades humanas.

Este trabalho propõe uma investigação detalhada das funções matemáticas, como lineares, quadrática e polinomial, para modelar os dados climáticos da região. A utilização dessas funções permite identificar padrões e prever comportamentos futuros.

A análise das variações de temperatura não apenas fornece insights sobre os efeitos das mudanças climáticas, mas também é crucial para áreas como a saúde pública, a agricultura e o planejamento urbano. Por meio de exemplos práticos, este estudo busca demonstrar como diferentes tipos de funções podem ser aplicados na interpretação dos dados climáticos, destacando a relevância da matemática na tomada de decisões informadas.

Assim, a compreensão das funções matemáticas e sua aplicação ao contexto climático é essencial para promover uma maior conscientização sobre a importância da análise climática e suas implicações para a sociedade.

---

# Motivação

---

Estudar matemática é uma oportunidade de aprender a pensar de forma lógica, a resolver problemas e, acima de tudo, a compreender melhor o mundo que nos cerca. Porém, para muitos, conceitos como funções matemáticas ainda parecem distantes, abstratos, e pouco conectados à vida cotidiana. Essa distância pode transformar o aprendizado em um desafio, tirando do estudante a chance de ver o poder e a beleza que a matemática pode oferecer.

Neste livro, você encontrará uma proposta diferente: aprender funções matemáticas através de dados climáticos reais da cidade de Cuiabá. A cidade, famosa por seu clima quente e por suas mudanças significativas de temperatura, oferece um conjunto valioso de dados meteorológicos que tornam o estudo mais concreto e fascinante. Usando informações reais, como a variação da temperatura, da umidade, da precipitação, coletadas entre 2003 e 2023, você terá a chance de descobrir como os conceitos de funções se aplicam diretamente ao que vivemos no dia a dia.

Imagine, por exemplo, como você pode analisar a temperatura de um mês para prever mudanças sazonais ou como a umidade média afeta o clima ao longo dos anos. Com o uso de funções lineares, quadráticas e polinomiais, você aprenderá a modelar esses dados de maneira que faça sentido para o mundo ao seu redor. Em vez de se deparar com problemas genéricos, aqui você explorará questões reais e verá como é possível prever, analisar e entender padrões naturais que se repetem ao longo do tempo.

Ao unir o estudo de funções com um tema tão relevante como as condições climáticas, buscamos proporcionar uma experiência de aprendizado que vai além dos cálculos, incentivando você a compreender e aplicar a matemática em questões significativas. Essa abordagem ajuda a despertar uma curiosidade natural tanto pela matemática quanto pela

ciência climática, aproximando essas duas áreas e oferecendo uma compreensão profunda e prática das funções e suas aplicações.

Esse caminho oferece muito mais do que conhecimento técnico: ele estimula uma visão interdisciplinar e crítica do mundo. Saber matemática é, afinal, uma habilidade poderosa e universal. Aprender a usá-la para entender fenômenos concretos, como o clima, transforma o aprendizado e amplia suas possibilidades, ajudando a construir o conhecimento de maneira útil e inspiradora.

---

# Revisão das principais funções

---

## 2.1 Introdução

No estudo das variações climáticas, como temperatura, precipitação e umidade, ao longo do tempo, é fundamental empregar funções matemáticas que permitam modelar e entender os padrões subjacentes nos dados.

As funções polinomiais são amplamente utilizadas devido à sua flexibilidade em modelar tendências lineares e não lineares. Uma função linear de primeiro grau, representada por  $f(x) = ax + b$ , é ideal para descrever relações diretas e proporções constantes entre variáveis. Funções quadráticas ( $f(x) = ax^2 + bx + c$ ) permitem capturar curvaturas e comportamentos mais complexos dos dados, tornando-as úteis para identificar mudanças de tendência ao longo do tempo. Funções polinomiais de grau superior podem ser empregadas para ajustar dados com maior precisão, conforme necessário.

Essas funções matemáticas, quando aplicadas corretamente, permitem uma análise detalhada e precisa das variações climáticas, facilitando a identificação de padrões, tendências e anomalias. Elas fornecem uma base sólida para previsões futuras e uma compreensão mais profunda dos fenômenos climáticos complexos que afetam a região de Cuiabá ao longo dos anos.

## 2.2 Função Afim

Uma função afim é uma função matemática que pode ser expressa na forma

$$f(x) = ax + b;$$

onde  $a$  e  $b$  são constantes reais e  $x$  é a variável independente. Nessa expressão:

- $a$  é o coeficiente angular, que determina a inclinação da reta no gráfico da função. O coeficiente angular  $a$  indica a taxa de variação da função em relação a  $x$ .
- $b$  é o coeficiente linear, que representa o valor de  $f(x)$  quando  $x = 0$ . Este coeficiente é o ponto onde a reta cruza o eixo  $y$ , também conhecido como intercepto  $y$ .

Propriedades de uma função afim:

1. Linearidade: A função afim é uma transformação linear combinada com uma translação. Isso significa que pode ser vista como uma função linear  $f(x) = ax$  deslocada por  $b$ .
2. Gráfico: O gráfico de uma função afim é sempre uma reta. A inclinação da reta é dada pelo coeficiente angular  $a$ , e a posição da reta em relação ao eixo  $y$  é determinada pelo coeficiente linear  $b$ .
3. Interceptos: O intercepto  $x$  (ponto onde  $f(x) = 0$ ) pode ser encontrado resolvendo a equação  $ax + b = 0$ , resultando em  $x = -\frac{b}{a}$  quando  $a \neq 0$ .
4. Propriedade de aditividade: Se  $f(x) = ax + b$  e  $g(x) = cx + d$ , então  $(f + g)(x) = (a + c)x + (b + d)$ .

### 2.2.1 Exemplo 1: Variação do parâmetro $a$

Considere as funções  $f_1(x) = x + 1$ ,  $f_2(x) = 2x + 1$ , e  $f_3(x) = -x + 1$ . O parâmetro  $a$  altera a inclinação da reta.

### 2.2.2 Exemplo 2: Variação do parâmetro $b$

Considere as funções  $f_1(x) = x$ ,  $f_2(x) = x + 2$ , e  $f_3(x) = x - 1$ . O parâmetro  $b$  altera o ponto de interseção da reta com o eixo  $y$ .

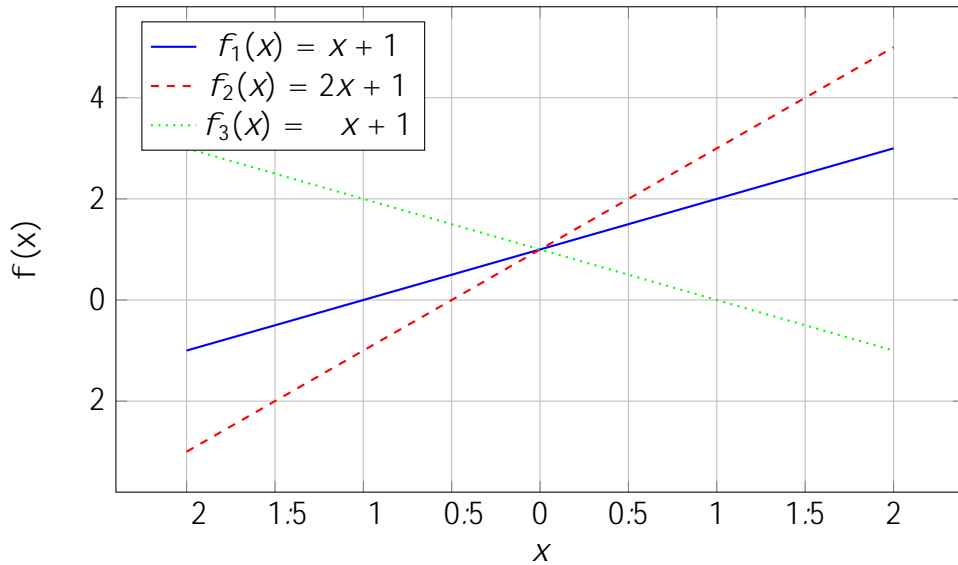


Figura 2.1: Gráfico da função afim para diferentes valores de  $a$ .

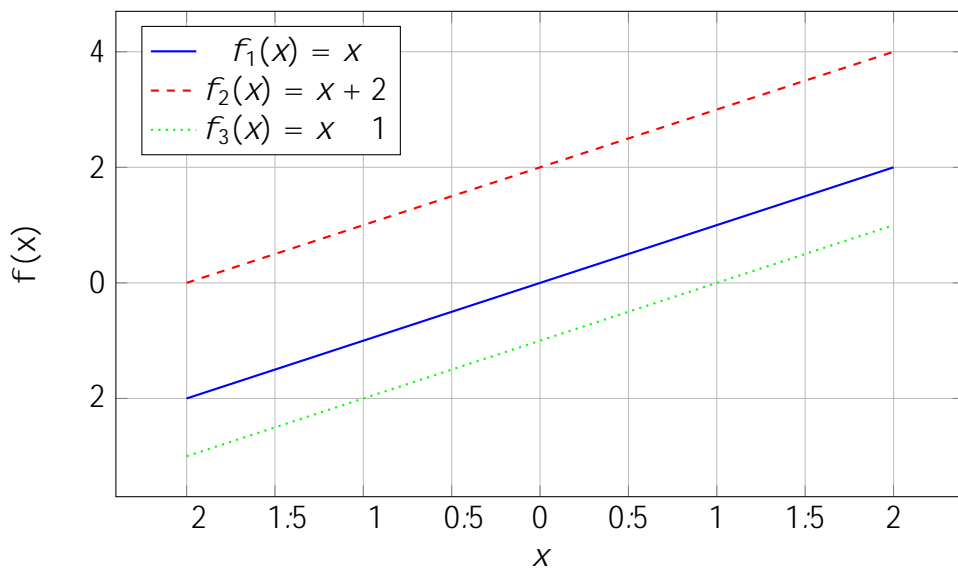


Figura 2.2: Gráfico da função afim para diferentes valores de  $b$ .

## 2.3 Função Quadrática

Uma função quadrática é uma função matemática que pode ser expressa na forma

$$f(x) = ax^2 + bx + c;$$

onde  $a$ ,  $b$ , e  $c$  são constantes reais e  $a \neq 0$ . Nessa expressão:

- $a$  é o coeficiente quadrático, que determina a concavidade da parábola. Se  $a > 0$ ,

a parábola é voltada para cima, e se  $a < 0$ , a parábola é voltada para baixo.

- $b$  é o coeficiente linear, indica como a função corta o eixo  $y$  (crescente ou decrescente) e em que lado do eixo  $y$  o vértice da parábola estará.
- $c$  é o termo constante, O coeficiente  $c$  indica o ponto de encontro da parábola com o eixo  $y$ . Se  $c > 0$ , a parábola corta o eixo  $y$  acima da origem, se  $c < 0$ , a parábola corta o eixo  $y$  abaixo da origem, e se  $c = 0$ , a parábola corta o eixo  $y$  na origem, no ponto  $(0, 0)$ .

Propriedades de uma função quadrática:

1. Forma padrão: A função quadrática  $f(x) = ax^2 + bx + c$  é a forma padrão. Ela representa uma parábola que pode ser estudada por suas características geométricas.
2. Forma canônica: A função quadrática pode ser reescrita na forma canônica  $f(x) = a(x - h)^2 + k$ , onde  $(h; k)$  é o vértice da parábola. Esta forma é obtida completando o quadrado.
3. Vértice: O vértice da parábola, que é o ponto máximo ou mínimo da função, pode ser encontrado usando a fórmula

$$x_v = -\frac{b}{2a};$$

e substituindo  $x_v$  na função para encontrar o valor correspondente de  $f(x)$ , que é  $y_v = f\left(-\frac{b}{2a}\right)$ .

4. Interceptos: O intercepto  $y$  é o ponto onde a parábola cruza o eixo  $y$ , dado por  $c$ . Os interceptos  $x$  podem ser encontrados resolvendo a equação quadrática  $ax^2 + bx + c = 0$  usando a fórmula resolvente de equações do 2º Grau:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};$$

O discriminante  $\Delta = b^2 - 4ac$  determina o número e tipo de raízes:

- Se  $\Delta > 0$ , há duas raízes reais e distintas.
- Se  $\Delta = 0$ , há uma raiz real (ou duas iguais).
- Se  $\Delta < 0$ , não há raízes reais.

Exemplo: Considere a função quadrática  $f(x) = 2x^2 - 4x + 1$ . Neste caso,  $a = 2$ ,  $b = -4$ , e  $c = 1$ . O vértice da parábola pode ser encontrado em  $x_v = -\frac{(-4)}{2 \cdot 2} = 1$ .

Substituindo  $x = 1$  na função, obtemos  $f(1) = 2 \cdot 1^2 - 4 \cdot 1 + 1 = -1$ , então o vértice é  $(1; -1)$ . O discriminante  $\Delta = (-4)^2 - 4 \cdot 2 \cdot 1 = 16 - 8 = 8$ , que é positivo, indicando duas raízes reais e distintas.

### 2.3.1 Exemplo 1:

Considere a função quadrática que descreve uma variável  $y$  em função do tempo  $t$ , com uma altura inicial  $h_0$ , uma velocidade inicial  $v_0$ , e uma constante  $g$  relacionada à aceleração:

$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + h_0; \quad (2.1)$$

onde  $y(t)$  é a variável de interesse em função do tempo  $t$ . Essa equação pode ser utilizada em diversos contextos onde a variação quadrática em relação ao tempo é relevante.

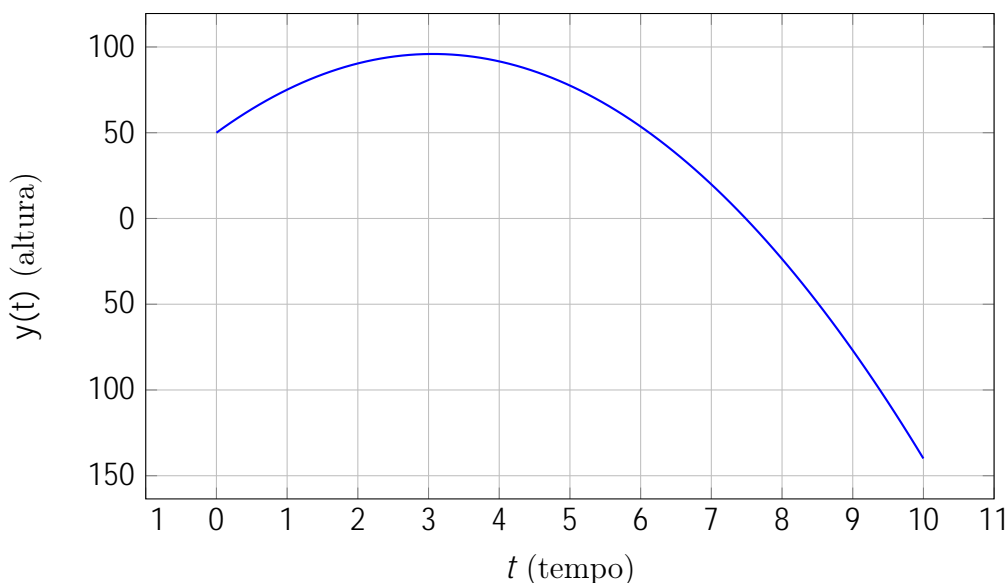


Figura 2.3: Gráfico da função quadrática com  $v_0 = 30$  unidades e  $h_0 = 50$  unidades.

### 2.3.2 Exemplo 2:

Funções quadráticas podem ser utilizadas para modelar uma variedade de situações onde uma variável depende quadraticamente de outra. Considere a função  $f(x)$  dada por:

$$f(x) = ax^2 + bx + c; \quad (2.2)$$

onde  $a$ ,  $b$  e  $c$  são constantes. Suponhamos que  $a = 2$ ,  $b = 10$ , e  $c = 100$ .



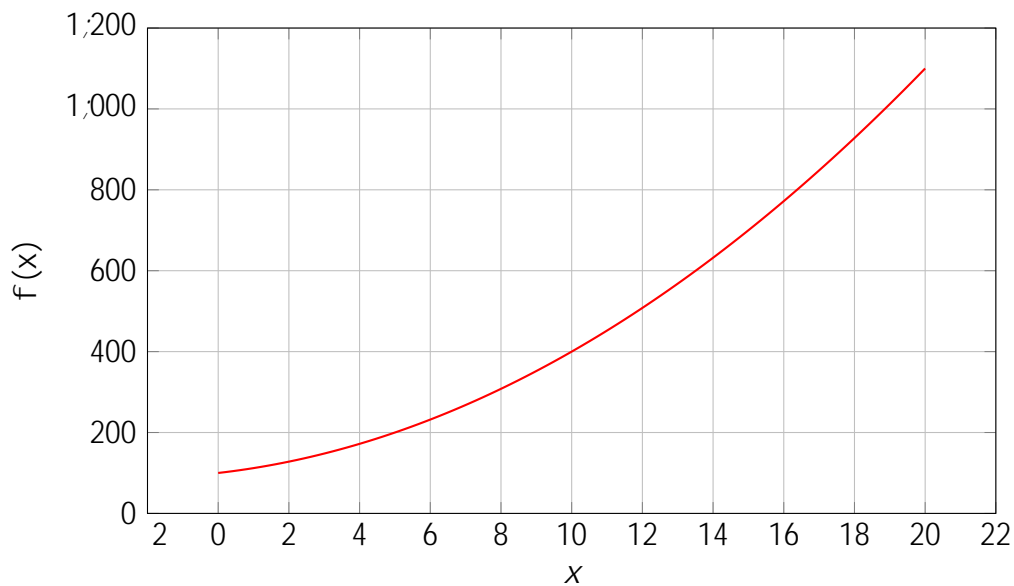


Figura 2.4: Gráfico da função quadrática  $f(x) = 2x^2 + 10x + 100$ .

## 2.4 Funções Polinomiais

Uma *função polinomial* é uma função que pode ser expressa na forma de um polinômio. A forma geral de uma função polinomial de grau  $n$  é dada por:

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0; \quad (2.3)$$

onde  $a_n; a_{n-1}; \dots; a_1; a_0$  são coeficientes reais, com  $a_n \neq 0$ . O termo  $a_n x^n$  é chamado de termo líder e  $a_n$  é o coeficiente líder, determinando o grau e o comportamento assintótico da função polinomial.

As funções polinomiais possuem várias propriedades importantes:

- **Grau:** O grau de um polinômio é o maior expoente da variável  $x$  com coeficiente não nulo. Ele indica o número máximo de raízes reais que o polinômio pode ter e a forma geral do gráfico da função.
- **Raízes:** As raízes de uma função polinomial são os valores de  $x$  para os quais  $f(x) = 0$ . Pelo Teorema Fundamental da Álgebra, um polinômio de grau  $n$  terá exatamente  $n$  raízes (reais ou complexas), contando multiplicidades.
- **Comportamento Assintótico:** O comportamento de uma função polinomial para valores grandes de  $|x|$  é dominado pelo termo de maior grau,  $a_n x^n$ . Isso significa que, para  $|x|$  suficientemente grande,  $f(x) \approx a_n x^n$ .

### 2.4.1 Exemplo 1: Função Polinomial de Grau 5

Considere a função polinomial de grau 5:

$$f(x) = x^5 - 6x^4 + 9x^3 + 4x^2 - 12x: \quad (2.4)$$

Esta função possui várias raízes reais distintas, o que faz com que a curva cruze o eixo  $x$  várias vezes, ilustrando um comportamento complexo típico de polinômios de grau elevado.

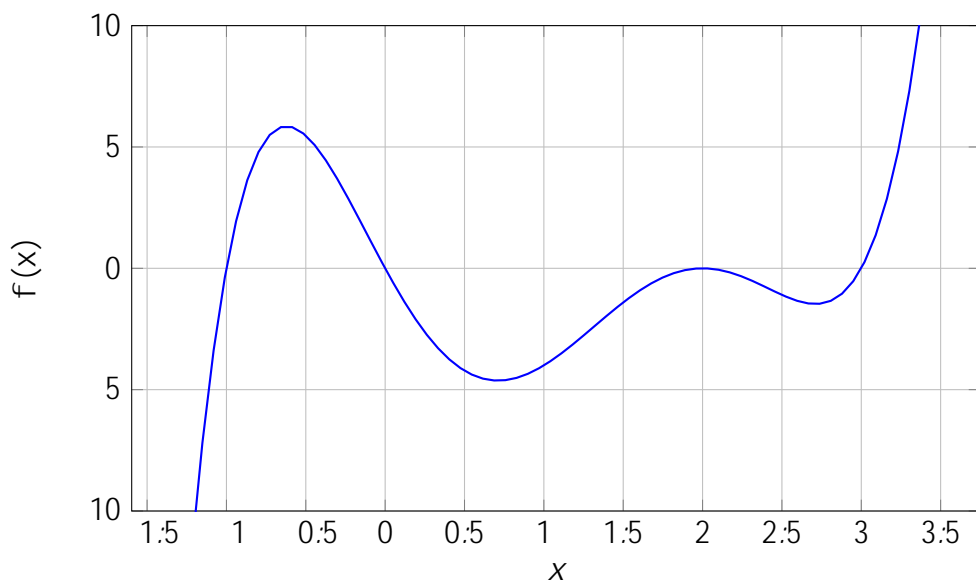


Figura 2.5: Gráfico da função polinomial  $f(x) = x^5 - 6x^4 + 9x^3 + 4x^2 - 12x$ .

### 2.4.2 Exemplo 2: Função Polinomial de Grau 6

Considere a função polinomial de grau 6:

$$f(x) = x^6 - 4x^5 - 5x^4 + 20x^3 + 18x^2 - 24x: \quad (2.5)$$

Esta função possui várias raízes reais distintas e pode ser usada para modelar comportamentos complexos em polinômios de grau elevado.

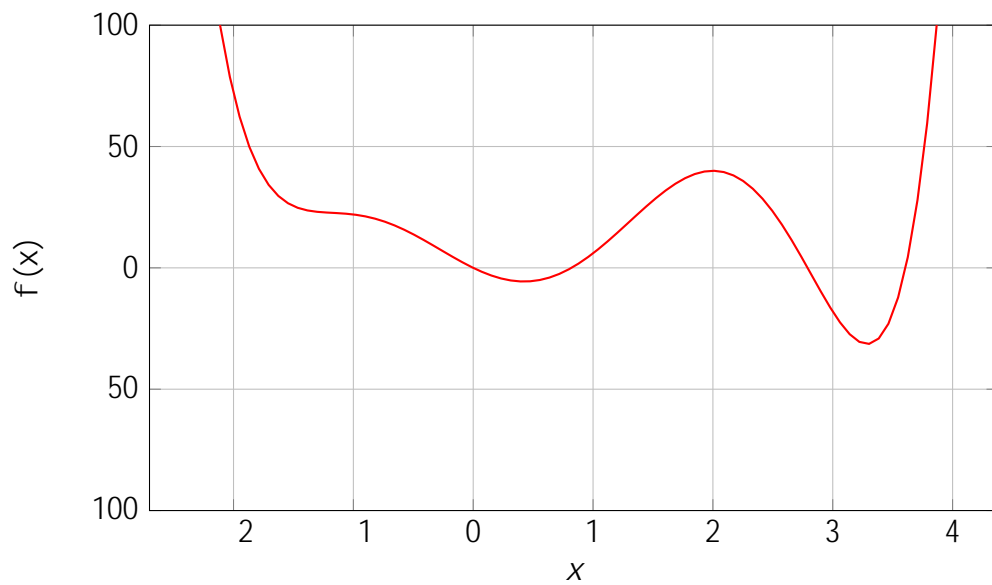


Figura 2.6: Gráfico da função polinomial  $f(x) = x^6 - 4x^5 - 5x^4 + 20x^3 + 18x^2 - 24x$ .

---

# Ajustes de Parâmetros em Funções

---

O ajuste de parâmetros em funções é um processo fundamental na modelagem matemática, que visa determinar os valores ideais para os parâmetros de uma função de modo a representar da melhor maneira possível um conjunto de dados ou um fenômeno específico. Esse processo é amplamente utilizado em diversas áreas da matemática e é essencial para obter modelos precisos e eficazes.

Uma função matemática geralmente depende de um ou mais parâmetros que influenciam sua forma e comportamento. Por exemplo, em uma função linear  $f(x) = ax + b$ , os parâmetros  $a$  e  $b$  determinam a inclinação e o ponto de interseção da reta com o eixo  $y$ , respectivamente. Ao ajustar esses parâmetros, podemos encontrar a reta que melhor se ajusta a um conjunto de dados.

De forma mais geral, o processo de ajuste de parâmetros pode envolver funções de maior complexidade, como funções polinomiais, exponenciais, logarítmicas, entre outras. O objetivo é minimizar a diferença entre os valores previstos pela função e os dados observados, muitas vezes utilizando técnicas como o método dos mínimos quadrados.

O ajuste adequado de parâmetros permite a criação de modelos matemáticos que capturam com precisão as características dos dados ou fenômenos em estudo, proporcionando insights valiosos e permitindo previsões confiáveis.

## 3.1 Métodos de Ajuste de Parâmetros: Método dos Mínimos Quadrados

Nesta seção, são apresentados alguns métodos amplamente utilizados para ajustar os parâmetros de funções polinomiais, trigonométricas, exponenciais e logarítmicas.

Este método minimiza a soma dos quadrados das diferenças entre os valores observados e os valores previstos pela função. É amplamente utilizado para ajustar parâmetros em regressões lineares e polinomiais, mas também pode ser adaptado para funções não lineares, como exponenciais, trigonométricas e logarítmicas.

### 3.1.1 Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados em uma Função Afim

Dado um conjunto de dados  $(x_i; y_i)$ , onde  $i = 1; 2; \dots; n$ , queremos ajustar uma função afim  $y = ax + b$  que melhor se aproxime dos dados.

O erro entre o valor observado  $y_i$  e o valor previsto  $\hat{y}_i = ax_i + b$  é dado por:

$$E_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (ax_i + b)$$

A soma dos erros quadrados para todos os pontos é:

$$S(a; b) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2$$

Para encontrar os valores de  $a$  e  $b$  que minimizam  $S(a; b)$ , derivamos  $S(a; b)$  em relação a  $a$  e  $b$  e igualamos as derivadas a zero:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - (ax_i + b)) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b)) = 0$$

Ao expandir e simplificar as equações acima, obtemos o seguinte sistema linear:

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + nb$$

Resolvendo o sistema de equações, encontramos as fórmulas para os coeficientes  $a$  e  $b$ :

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - a \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Os valores de  $a$  e  $b$  obtidos são aqueles que minimizam a soma dos erros quadrados, ajustando assim a função afim  $y = ax + b$  ao conjunto de dados.

### 3.1.2 Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados em uma Função Quadrática

Dado um conjunto de dados  $(x_i; y_i)$ , onde  $i = 1; 2; \dots; n$ , queremos ajustar uma função quadrática  $y = ax^2 + bx + c$  que melhor se aproxime dos dados.

O erro entre o valor observado  $y_i$  e o valor previsto  $\hat{y}_i = ax_i^2 + bx_i + c$  é dado por:

$$E_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (ax_i^2 + bx_i + c)$$

A soma dos erros quadrados para todos os pontos é:

$$S(a; b; c) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i^2 + bx_i + c))^2$$

Para encontrar os valores de  $a$ ,  $b$  e  $c$  que minimizam  $S(a; b; c)$ , derivamos  $S(a; b; c)$  em relação a  $a$ ,  $b$  e  $c$  e igualamos as derivadas a zero:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n x_i^2 (y_i - (ax_i^2 + bx_i + c)) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - (ax_i^2 + bx_i + c)) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial c} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i^2 + bx_i + c)) = 0$$

Ao expandir e simplificar as equações acima, obtemos o seguinte sistema linear:

$$\sum_{i=1}^n x_i^4 a + \sum_{i=1}^n x_i^3 b + \sum_{i=1}^n x_i^2 c = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^3 a + \sum_{i=1}^n x_i^2 b + \sum_{i=1}^n x_i c = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 a + \sum_{i=1}^n x_i b + \sum_{i=1}^n c = \sum_{i=1}^n y_i$$

Resolvendo o sistema de equações, encontramos as fórmulas para os coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$  que minimizam a soma dos erros quadrados, ajustando a função quadrática  $y = ax^2 + bx + c$  aos dados.

Os valores de  $a$ ,  $b$  e  $c$  obtidos são aqueles que minimizam a soma dos erros quadrados, ajustando assim a função quadrática aos dados.

### 3.1.3 Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados em uma Função Polinomial

Dado um conjunto de dados  $(x_i; y_i)$ , onde  $i = 1; 2; \dots; m$ , queremos ajustar uma função polinomial de grau  $n$ :

$$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$$

O erro entre o valor observado  $y_i$  e o valor previsto  $\hat{y}_i = a_n x_i^n + a_{n-1} x_i^{n-1} + \dots + a_1 x_i + a_0$  é dado por:

$$E_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (a_n x_i^n + a_{n-1} x_i^{n-1} + \dots + a_1 x_i + a_0)$$

A soma dos erros quadrados para todos os pontos é:

$$S(a_0; a_1; \dots; a_n) = \sum_{i=1}^m (y_i - (a_n x_i^n + a_{n-1} x_i^{n-1} + \dots + a_1 x_i + a_0))^2$$

Para encontrar os valores dos coeficientes  $a_0; a_1; \dots; a_n$  que minimizam  $S(a_0; a_1; \dots; a_n)$ , derivamos  $S(a_0; a_1; \dots; a_n)$  em relação a cada coeficiente  $a_j$  (onde  $j = 0; 1; \dots; n$ ) e igualamos a zero:

$$\frac{\partial S}{\partial a_j} = 2 \sum_{i=1}^m x_i^j (y_i - (a_n x_i^n + a_{n-1} x_i^{n-1} + \dots + a_1 x_i + a_0)) = 0$$

Expandindo e simplificando, obtemos um sistema de  $n+1$  equações lineares nos  $n+1$  coeficientes  $a_0; a_1; \dots; a_n$ :

$$\sum_{i=1}^m x_i^{2n} a_n + \sum_{i=1}^m x_i^{2n-1} a_{n-1} + \dots + \sum_{i=1}^m x_i^n a_0 = \sum_{i=1}^m x_i^n y_i$$

$$\sum_{i=1}^m x_i^{2n-1} a_n + \sum_{i=1}^m x_i^{2n-2} a_{n-1} + \dots + \sum_{i=1}^m x_i^{n-1} a_0 = \sum_{i=1}^m x_i^{n-1} y_i$$

⋮

$$\sum_{i=1}^m x_i^n a_n + \sum_{i=1}^m x_i^{n-1} a_{n-1} + \dots + \sum_{i=1}^m x_i^1 a_1 + \sum_{i=1}^m x_i^0 a_0 = \sum_{i=1}^m y_i$$

Resolvendo este sistema de equações lineares, podemos encontrar os valores dos coeficientes  $a_0; a_1; \dots; a_n$  que minimizam a soma dos erros quadrados, ajustando assim a função polinomial de grau  $n$  aos dados.

Os coeficientes  $a_0; a_1; \dots; a_n$  obtidos são aqueles que minimizam a soma dos erros quadrados, ajustando a função polinomial  $y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$  ao conjunto de dados.



---

# Dados de Condições Climáticas

---

## 4.1 Introdução

Nesse trabalho, vamos considerar os dados de umidade, temperatura e precipitação coletados diretamente do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A análise desses parâmetros meteorológicos é essencial para compreender as variações climáticas e suas implicações em diversas áreas, como a agricultura, gestão de recursos hídricos e planejamento urbano. Ao explorar esses dados, podemos identificar padrões sazonais, detectar anomalias climáticas e prever tendências futuras. Além disso, essa investigação nos permite avaliar a precisão dos modelos meteorológicos e aprimorar estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. A coleta e análise detalhada dessas informações meteorológicas proporcionam uma base sólida para a tomada de decisões informadas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a resiliência ambiental.

Dada a relevância do tema para a sociedade, buscamos utilizar dados meteorológicos como uma fonte rica para o estudo e ensino de funções matemáticas. Esta abordagem oferece uma oportunidade única de conectar conceitos teóricos com aplicações práticas, proporcionando um aprendizado mais dinâmico e contextualizado. Ao analisar e modelar dados meteorológicos, como precipitação, temperatura e pressão atmosférica, podemos explorar uma variedade de funções matemáticas, como funções afins, quadráticas e exponenciais, além de técnicas de ajuste de parâmetros e análise de séries temporais.

A integração de dados reais no ensino permite aos estudantes observar e compreender como diferentes tipos de funções podem descrever e prever fenômenos naturais, facilitando a visualização de conceitos abstratos através de exemplos concretos. Além disso, o estudo de dados meteorológicos também ilustra a importância da matemática em problemas reais,

como a previsão do tempo e o planejamento de recursos naturais, evidenciando a aplicação prática e a utilidade das funções em diversas áreas, como a engenharia, a agricultura e a gestão de recursos.

Portanto, o uso de dados meteorológicos não só enriquece o aprendizado das funções matemáticas, mas também prepara os alunos para enfrentar desafios reais com uma base sólida em técnicas analíticas e modelagem matemática.

## 4.2 INMET

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), vinculado ao Ministério da Agricultura e Pecuária, o objetivo é agregar valor à produção no Brasil por meio de informações meteorológicas. Sua missão é cumprida por meio de monitoramento, análise e previsão do tempo e do clima, fundamentados em pesquisa aplicada e colaboração. A sede está em Brasília, com quatro Coordenações-Gerais e seis Distritos de Meteorologia (DISMEs) nas capitais.

As principais atribuições do INMET incluem a elaboração e divulgação de previsões do tempo, estudos meteorológicos aplicados à agricultura, coordenação de programas agrometeorológicos e monitoramento climático. O INMET também opera redes de observação meteorológica e capacitação técnica.

Representando o Brasil na Organização Meteorológica Mundial (OMM), o INMET gerencia a troca de dados meteorológicos na América do Sul e deve sediar um Centro de Sistema de Informação Mundial (GISC). Possui a maior rede de estações meteorológicas automáticas da América do Sul, com dados disseminados gratuitamente na internet.

O banco de dados do INMET contém informações digitais desde 1961 e um projeto de recuperação digital está adicionando dados históricos desde antes de 1900. Utiliza modelos físico-matemáticos e imagens de satélites para previsões precisas. A Biblioteca Nacional de Meteorologia possui cerca de 20 mil volumes sobre meteorologia e áreas afins.

Criado em 1909 como Diretoria de Meteorologia e Astronomia, o INMET foi renomeado e formalizado pela Lei 8.490 de 1992.

## 4.3 Descrição das variáveis

No estudo e monitoramento das condições atmosféricas, é essencial compreender diversos parâmetros meteorológicos. A Temperatura de Bulbo Seco é a medida da temperatura do ar registrada por um termômetro comum, essencial para descrever o estado térmico do ambiente. A Temperatura do Ponto de Orvalho indica a temperatura na qual o ar se torna saturado e começa a condensar, refletindo a quantidade de umidade presente no ar. A Precipitação refere-se à água que cai da atmosfera para a superfície, incluindo chuva, neve, granizo ou garoa, e é crucial para a gestão de recursos hídricos e previsão do tempo. A Umidade, por sua vez, mede a quantidade de vapor d'água no ar e é expressa de várias formas, como umidade relativa, absoluta e específica, influenciando a sensação térmica e a formação de nuvens.

### 4.3.1 Precipitação

Precipitação é um termo meteorológico que se refere a qualquer forma de água, líquida ou sólida, que cai da atmosfera e atinge a superfície terrestre. Isso inclui chuva, neve, granizo, e orvalho. A precipitação é um componente crucial do ciclo hidrológico, influenciando diretamente o abastecimento de água, a agricultura, e o clima global.

Cálculo da Precipitação:

A precipitação é geralmente medida em milímetros (mm) utilizando pluviômetros, que são instrumentos específicos para esse fim. O cálculo da precipitação acumulada em um determinado período é feito da seguinte maneira:

**Instalação do Pluviômetro:** O pluviômetro deve ser instalado em uma área aberta, livre de obstruções como árvores e edifícios, que possam interferir na coleta de água da precipitação.

**Coleta de Dados:** A precipitação é coletada no pluviômetro durante um período específico (por exemplo, diariamente, semanalmente ou mensalmente). O pluviômetro registra o volume de água que caiu em uma área de coleta específica.

**Medição:** O volume de água acumulado no pluviômetro é medido. Os modelos mais simples têm uma escala graduada que permite a leitura direta da quantidade de precipitação. Pluviômetros mais sofisticados podem ter sensores automáticos que registram os dados eletronicamente.

**Cálculo da Precipitação:** A precipitação é geralmente expressa em milímetros por metro quadrado. Um milímetro de precipitação equivale a um litro de água por metro

quadrado de superfície. Portanto, se um pluviômetro registra 10 mm de precipitação, isso significa que 10 litros de água caíram sobre cada metro quadrado da área considerada.

**Agregação dos Dados:** Para calcular a precipitação acumulada em um período maior, somam-se os valores medidos em cada intervalo de tempo. Por exemplo, para obter a precipitação mensal, somam-se os valores diários registrados ao longo do mês.

A precisão na medição e no cálculo da precipitação é fundamental para diversos estudos e aplicações, desde a previsão do tempo até a gestão de recursos hídricos e a avaliação de impactos ambientais.

### 4.3.2 Temperatura de bulbo seco

A temperatura de bulbo seco é a temperatura medida por um termômetro comum exposto ao ar ambiente, protegido da radiação direta do sol e de outras fontes de calor. Este valor representa a temperatura do ar sem considerar a umidade, e é a forma mais comum de medir a temperatura atmosférica. É chamada de bulbo seco para diferenciá-la da temperatura de bulbo úmido, que é medida por um termômetro cujo bulbo está envolvido por um pano úmido, refletindo assim a influência da umidade no resfriamento evaporativo.

A temperatura de bulbo seco não requer um cálculo complexo; ela é medida diretamente por um termômetro exposto ao ar ambiente. Para garantir uma medição precisa:

### 4.3.3 Temperatura do Ponto de Orvalho

A temperatura do ponto de orvalho é a temperatura na qual o ar deve ser resfriado, à pressão constante, para que o vapor de água presente no ar atinja a saturação e comece a condensar. Ela pode ser calculada usando a fórmula de Magnus-Tetens:

$$T_d = \frac{b}{a} \frac{(T; RH)}{(\bar{T}; RH)}$$

onde:

- $T_d$  é a temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius.
- $T$  é a temperatura do ar em graus Celsius.
- $RH$  é a umidade relativa (em %).
- $a$  e  $b$  são constantes, com valores típicos de  $a = 17,27$  e  $b = 237,7$  °C.

- $(T; RH) = \frac{aT}{b+T} + \ln\left(\frac{RH}{100}\right)$ .

Para dar um exemplo, suponha que a temperatura do ar seja 25 °C e a umidade relativa seja 60%.

Primeiro, calculamos  $(T; RH)$ :

$$(25;60) = \frac{17.27 \cdot 25}{237.7 + 25} + \ln\left(\frac{60}{100}\right)$$

$$(25;60) = \frac{431.75}{262.7} + \ln(0.6) = 1.643 + (-0.511) = 1.132$$

Finalmente, calculamos  $T_d$ :

$$T_d = \frac{237.7 \cdot 1.132}{17.27 \cdot 1.132} = \frac{268.864}{16.138} = 16.67 \text{ C}$$

Portanto, a temperatura do ponto de orvalho é aproximadamente 16.67 °C.

#### 4.3.4 Umidade Relativa do Ar

Umidade é a quantidade de vapor de água presente no ar. A umidade pode ser expressa de várias maneiras, incluindo umidade absoluta, umidade relativa e umidade específica. A umidade relativa (UR) é a forma mais comum de expressar a umidade e é definida como a razão entre a quantidade atual de vapor de água no ar e a quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter a uma determinada temperatura, expressa em porcentagem (%).

De acordo com a documentação no INMET, o cálculo da umidade é realizada da seguinte forma:

1. Umidade Absoluta: É a massa de vapor de água por unidade de volume de ar, geralmente expressa em gramas por metro cúbico (g/m<sup>3</sup>).

2. Umidade Específica: É a razão da massa de vapor de água para a massa total do ar úmido, geralmente expressa em gramas de vapor de água por quilograma de ar úmido (g/kg).

3. Umidade Relativa: A umidade relativa é calculada usando a fórmula:

$$UR = \left(\frac{e}{e_s}\right) \cdot 100$$

onde:

- $e$  é a pressão atual do vapor de água.

- $e_s$  é a pressão de saturação do vapor de água, que depende da temperatura do ar.

Para encontrar  $e$  e  $e_s$ , pode-se usar a fórmula de Tetens para calcular  $e_s$ :

$$e_s(T) = 6.112 \exp\left(\frac{17.67 T}{T + 243.5}\right)$$

onde  $T$  é a temperatura do ar em graus Celsius.

4. Medição: A umidade é medida com um higrômetro ou psicrômetro. O higrômetro pode ser mecânico ou eletrônico. O psicrômetro usa duas leituras de termômetros (seco e úmido) para calcular a umidade relativa com base na diferença de temperatura entre eles.

## 4.4 Descrição dos dados e tratamento

Nesta dissertação, apresentamos um estudo aprofundado das condições climáticas na cidade de Cuiabá, utilizando um extenso conjunto de dados meteorológicos que abrange o período de 2003 a 2023. Este conjunto de dados inclui quatro variáveis climáticas principais: precipitação, temperatura de bulbo seco, ponto de orvalho e umidade relativa do ar. Cada uma dessas variáveis desempenha um papel crucial na compreensão das dinâmicas atmosféricas da região e na identificação de padrões sazonais e anuais que podem influenciar tanto o clima quanto a vida cotidiana da população.

A precipitação, representada pela quantidade de chuva acumulada em milímetros, é um dos principais indicadores das condições hídricas da região e está intimamente relacionada aos padrões de estação chuvosa e seca em Cuiabá. A temperatura de bulbo seco, que reflete a temperatura do ar medida em condições normais, fornece informações sobre a intensidade do calor ao longo do tempo, enquanto o ponto de orvalho, que indica a temperatura na qual o ar se torna saturado de vapor d'água, é essencial para a compreensão da umidade e do potencial de condensação. Por fim, a umidade relativa do ar, expressa em porcentagem, é um indicador direto do conforto térmico e das condições de evaporação, influenciando tanto a percepção de calor quanto a formação de nuvens e precipitação.

Os dados apresentados foram cuidadosamente coletados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), uma fonte respeitada e amplamente utilizada em estudos climatológicos. Contudo, antes de proceder à análise propriamente dita, foi necessário realizar um tratamento dos dados brutos. Este processo envolveu a verificação de inconsistências, preenchimento de lacunas e normalização das variáveis, de modo a garantir que os resultados obtidos sejam confiáveis e representem com precisão as condições climáticas de Cuiabá ao longo das últimas duas décadas.

Os dados estão organizados em intervalos diários e horários, permitindo uma análise detalhada das variações climáticas ao longo de cada dia e ao longo do ano. A tabela a seguir apresenta esses dados de forma estruturada, facilitando a visualização e comparação das diferentes variáveis meteorológicas em uma escala temporal granular. Essa organização serve como base para as análises subsequentes, nas quais exploraremos os padrões e tendências climáticas, com o objetivo de contribuir para um melhor entendimento das dinâmicas atmosféricas que caracterizam a região.

DATA (YYYY-MM-DD)	HORA (UT)	PRECIPITA	PRESSAO /	PRESSAO /	PRESSAO /	RADIACAC	TEMPERAT	TEMPERAT	TEMPERAT	TEMPERAT	TEMPERAT	TEMPERAT	TEMPERAT	UMIDADE	UMIDADE	UMIDADE	VENTO, DI
01/01/2004	00:00	0	984,1	984,1	980,6	-9999	26,9	23,1	27,8	26,9	23,1	22	79	71	79	241	
01/01/2004	01:00	0,2	986	986	984,1	-9999	25,8	23,8	26,9	25,8	23,8	23,1	89	80	89	153	
01/01/2004	02:00	0,2	987,3	987,3	986	-9999	25,2	23,2	25,8	25,2	23,8	23,1	89	88	89	125	
01/01/2004	03:00	1	989,3	989,3	987,3	-9999	25,3	23,5	25,3	25	23,5	23,2	91	89	90	137	
01/01/2004	04:00	0	991,1	991,1	989,3	-9999	25,3	23,6	25,4	25,3	23,8	23,5	91	90	90	211	
01/01/2004	05:00	1,2	991,4	991,6	991,1	-9999	24,6	23,1	25,4	24,6	23,6	23	91	89	91	171	
01/01/2004	06:00	0	990,9	991,6	990,9	-9999	24,3	22,7	24,6	24,3	23,1	22,6	92	90	91	139	
01/01/2004	07:00	0	991,3	991,3	990,9	-9999	24,3	22,5	24,4	24,2	22,8	22,3	91	89	90	114	
01/01/2004	08:00	0	991,9	991,9	991,3	-9999	24,4	22,6	24,4	24,3	22,8	22,5	91	89	90	104	
01/01/2004	09:00	0	992,4	992,4	991,9	-9999	24,3	22,8	24,4	24,2	22,8	22,5	91	89	91	325	
01/01/2004	10:00	0	993,5	993,5	992,4	882	24,7	23	24,7	24,3	23	22,6	92	90	90	13	
01/01/2004	11:00	0	997,5	997,5	993,5	-9999	25,5	23	25,9	24,7	23,1	22,8	90	84	86	3	
01/01/2004	12:00	0	998,9	998,9	997,5	-9999	26,1	22,6	26,1	25,5	23,2	22,4	87	80	81	342	
01/01/2004	13:00	0	1000,3	1000,3	998,9	-9999	27	22,4	27	26,1	23	22,1	82	76	76	329	
01/01/2004	14:00	0	1004,9	1004,9	1000,3	-9999	28,7	22,8	29	26,8	23,3	22	77	68	70	322	
01/01/2004	15:00	0	1003,9	1005,3	1003,7	-9999	29,7	23,7	29,7	28,2	23,9	22,4	73	69	70	345	
01/01/2004	16:00	0	1004,9	1004,9	1003,9	-9999	31,2	23	31,3	29,1	24,3	22,6	73	60	62	344	
01/01/2004	17:00	0	1001,2	1005,3	1001,2	-9999	31,9	23,2	31,9	30,5	24,2	21,8	65	57	60	192	
01/01/2004	18:00	0	994,1	1001,8	994,1	-9999	28,5	22,7	32,5	28,5	23,5	21,7	71	56	71	136	
01/01/2004	19:00	6,6	979,4	994	979,4	2115	24,4	23,2	28,5	24,3	23,3	22,7	93	71	93	262	
01/01/2004	20:00	2,4	980,3	980,3	977,9	3971	25,6	23,4	25,7	24,4	23,9	23	93	88	88	1	
01/01/2004	21:00	0	983,4	983,4	980,3	-9999	25,1	23,2	25,7	24,9	23,9	22,7	90	87	89	332	
01/01/2004	22:00	0	986,1	986,1	983,4	1976	25,7	23,4	25,7	25,1	23,6	23,1	90	86	87	136	
01/01/2004	23:00	0	986,7	986,7	986,1	14	25,2	22,9	25,7	25,2	23,5	22,6	88	85	87	138	
02/01/2004	00:00	0,2	988,2	988,2	986,7	-9999	25,4	23,5	25,5	24,9	23,6	22,9	91	87	89	92	

Figura 4.1: Dados sem Tratamento.

A tabela apresentada na Figura 4.1 é um exemplo representativo dos dados climáticos coletados para a cidade de Cuiabá, especificamente para o ano de 2004. Para a pesquisa em andamento, estamos utilizando um conjunto de dados abrangente que cobre o período de 2003 a 2023. Esses dados incluem informações detalhadas sobre precipitação, temperatura de bulbo seco, ponto de orvalho e umidade relativa do ar.

Para garantir a relevância e a precisão da análise, foi necessário selecionar cuidadosamente as variáveis a serem utilizadas. Optamos por focar nas variáveis mencionadas por sua importância na compreensão das condições climáticas e suas relações diretas com os fenômenos atmosféricos de interesse. Variáveis como pressão atmosférica, radiação solar e velocidade do vento foram excluídas, pois o foco da pesquisa está na análise das variáveis selecionadas.

Além da seleção das variáveis, foi essencial realizar um tratamento dos dados para garantir a qualidade da análise. Valores inválidos, como -9999, que indicavam a impossibilidade de medição em determinados momentos, foram substituídos por vazio para manter a integridade dos dados. Este processo de limpeza e tratamento é crucial para assegurar que as análises realizadas sejam fundamentadas em dados precisos e consistentes.

Embora a imagem forneça uma visão detalhada para o ano de 2004, a análise geral da pesquisa utiliza dados que cobrem duas décadas, proporcionando uma base sólida para entender as tendências e padrões climáticos ao longo do tempo em Cuiabá

DATA (YYYY-MM)	HORA (U)	PRECIPITAÇÃO	TEMPERATURA DE BULBO SECO	TEMPERATURA DE PUNTO DE ORVALHO	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO	UMIDADE RELATIVA (%)	UMIDADE RELATIVA (%)	UMIDADE RELATIVA (%)
01/01/2004	0:00	0	26,9	23,1	27,8	26,9	23,1	22	79	71	79	79	
01/01/2004	1:00	0,2	25,8	23,8	26,9	25,8	23,8	23,1	89	80	89	89	
01/01/2004	2:00	0,2	25,2	23,2	25,8	25,2	23,8	23,1	89	88	89	89	
01/01/2004	3:00	1	25,3	23,5	25,3	25	23,5	23,2	91	89	90	90	
01/01/2004	4:00	0	25,3	23,6	25,4	25,3	23,8	23,5	91	90	90	90	
01/01/2004	5:00	1,2	24,6	23,1	25,4	24,6	23,6	23	91	89	91	91	
01/01/2004	6:00	0	24,3	22,7	24,6	24,3	23,1	22,6	92	90	91	91	
01/01/2004	7:00	0	24,3	22,5	24,4	24,2	22,8	22,3	91	89	90	90	
01/01/2004	8:00	0	24,4	22,6	24,4	24,3	22,8	22,5	91	89	90	90	
01/01/2004	9:00	0	24,3	22,8	24,4	24,2	22,8	22,5	91	89	91	91	
01/01/2004	10:00	0	24,7	23	24,7	24,3	23	22,6	92	90	90	90	
01/01/2004	11:00	0	25,5	23	25,9	24,7	23,1	22,8	90	84	86	86	
01/01/2004	12:00	0	26,1	22,6	26,1	25,5	23,2	22,4	87	80	81	81	
01/01/2004	13:00	0	27	22,4	27	26,1	23	22,1	82	76	76	76	
01/01/2004	14:00	0	28,7	22,8	29	26,8	23,3	22	77	68	70	70	
01/01/2004	15:00	0	29,7	23,7	29,7	28,2	23,9	22,4	73	69	70	70	
01/01/2004	16:00	0	31,2	23	31,3	29,1	24,3	22,6	73	60	62	62	
01/01/2004	17:00	0	31,9	23,2	31,9	30,5	24,2	21,8	65	57	60	60	
01/01/2004	18:00	0	28,5	22,7	32,5	28,5	23,5	21,7	71	56	71	71	
01/01/2004	19:00	6,6	24,4	23,2	28,5	24,3	23,3	22,7	93	71	93	93	
01/01/2004	20:00	2,4	25,6	23,4	25,7	24,4	23,9	23	93	88	88	88	
01/01/2004	21:00	0	25,1	23,2	25,7	24,9	23,9	22,7	90	87	89	89	
01/01/2004	22:00	0	25,7	23,4	25,7	25,1	23,6	23,1	90	86	87	87	

Figura 4.2: Dados Tratados.



A Figura 4.2 ilustra o conjunto de dados refinados que serão considerados para a análise nesta dissertação. Após o tratamento dos dados brutos, foram selecionadas as variáveis mais relevantes para o estudo: precipitação, temperatura de bulbo seco, ponto de orvalho e umidade relativa do ar.

Durante o processo de tratamento, todos os valores inválidos, como -9999, que indicavam falhas na medição ou a ausência de dados em certos momentos, foram removidos. Essa limpeza dos dados foi essencial para garantir a integridade das análises subsequentes, eliminando potenciais distorções que poderiam comprometer os resultados.

A escolha das variáveis focou nos aspectos climáticos mais significativos para o estudo das condições atmosféricas na cidade de Cuiabá ao longo do período de 2003 a 2023. A precipitação foi incluída por sua influência direta nos padrões sazonais e eventos climáticos extremos, como enchentes. A temperatura de bulbo seco, o ponto de orvalho e a umidade relativa foram selecionados por sua importância na caracterização do clima local, influenciando diretamente o conforto térmico e os padrões de evapotranspiração.

A tabela de dados refinados apresentada na figura agora reflete um conjunto de informações mais preciso e relevante, pronto para suportar uma análise detalhada das condições climáticas ao longo do tempo.

## 4.5 Medidas de dispersão: Média, mediana e desvio padrão

O cálculo de média, mediana e desvio padrão é realizado a partir de um conjunto de dados composto pelo número de observações válidas, após a exclusão de valores errôneos. A quantidade total de dados observados em um ano comum é de 8760, e em anos bissextos, 8784. Durante o processo de análise, verificou-se que algumas observações foram registradas com o valor -9999, indicando erros ou falhas de medição. Esses valores foram removidos antes da execução dos cálculos estatísticos. A média corresponde ao valor médio das observações válidas, enquanto a mediana representa o valor central do conjunto de dados ordenados. O desvio padrão quantifica a dispersão das observações em torno da média. Por fim, o número de observações refere-se ao total de dados válidos utilizados após a exclusão dos valores inválidos.

Número de Observações Válidas ( $N$ ):

$$N = \text{Total de dados} - \text{Número de valores removidos}$$

Onde o total de dados é 8760 para anos comuns e 8784 para anos bissextos, e os valores

removidos são aqueles indicados por -9999.

Média (  $\bar{x}$  ):

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Onde  $x_i$  são os valores das observações válidas (sem o valor -9999) e  $N$  é o número de observações válidas.

Mediana: Se  $N$  for ímpar, a mediana é o valor central após ordenar o conjunto de dados.

Se  $N$  for par, a mediana é a média dos dois valores centrais:

$$\text{Mediana} = \frac{x_{\frac{N}{2}} + x_{\frac{N}{2}+1}}{2}$$

Onde  $x_{\frac{N}{2}}$  e  $x_{\frac{N}{2}+1}$  são os valores centrais do conjunto de dados ordenado.

Desvio Padrão (  $s$  ):

$$= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Onde  $\bar{x}$  é a média das observações e  $x_i$  são os valores válidos observados.

### 4.5.1 Precipitação

Tabela 4.1: Estatísticas da Precipitação por hora, em milímetros, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023.

Ano	Média (mm)	Mediana (mm)	Desvio Padrão	N° Observações	Sem Valores	Total
2003	0,11	0,00	0,94	8213	547	8760
2004	0,11	0,00	1,17	8715	69	8784
2005	0,13	0,00	1,36	8339	421	8760
2006	0,15	0,00	1,27	7202	1558	8760
2007	0,21	0,00	1,91	7571	1189	8760
2008	0,12	0,00	1,16	7141	1643	8784
2009	0,17	0,00	1,64	7987	773	8760
2010	0,17	0,00	1,77	6061	2699	8760
2011	0,09	0,00	1,11	4493	4267	8760
2012	0,17	0,00	1,55	8778	6	8784
2013	0,14	0,00	1,48	8738	22	8760
2014	0,21	0,00	1,89	8129	631	8760
2015	0,12	0,00	1,18	7828	932	8760
2016	0,19	0,00	1,46	7798	986	8784
2017	0,13	0,00	1,14	7743	1017	8760
2018	0,17	0,00	1,75	8160	600	8760
2019	0,18	0,00	1,63	6175	2585	8760
2020	0,11	0,00	1,32	8563	221	8784
2021	0,13	0,00	1,49	8341	419	8760
2022	0,11	0,00	1,11	7373	1387	8760
2023	0,12	0,00	1,24	8126	634	8760

A Tabela 4.1 apresenta os dados de precipitação (em mm) para a cidade de Cuiabá, no período de 2003 a 2023, incluindo a média, mediana, desvio padrão, número de observações válidas, valores ausentes e o total de dados esperados para cada ano. A análise desses dados fornece uma compreensão do comportamento da precipitação ao longo dos anos.

Em termos de precipitação média anual, observa-se que os valores variam entre 0,09 mm (em 2011) e 0,21 mm (em 2007 e 2014). Esses valores indicam que as chuvas em Cuiabá são, em média, relativamente esparsas ao longo do ano. A baixa média de precipitação sugere uma predominância de períodos secos, com pouca chuva significativa ao longo dos anos analisados.

No entanto, ao analisarmos a mediana, observamos que, em todos os anos, o valor é 0,00 mm. Isso significa que a maioria dos dias durante o período analisado não apresentou chuva ou que a quantidade de precipitação foi muito baixa. Esse resultado é consistente com o clima característico da região, onde ocorrem longos períodos de estiagem, intercalados com eventos isolados de chuva. A predominância de valores nulos ou muito baixos reflete uma distribuição de precipitação altamente assimétrica, com poucos dias de chuva concentrando os totais anuais.

O desvio padrão das observações varia de forma significativa ao longo dos anos, refletindo a irregularidade na distribuição das chuvas. Em 2011, o desvio padrão foi de 1,11 , enquanto em 2007 esse valor chegou a 1,91 . Esse aumento no desvio padrão indica que, em determinados anos, a variabilidade das chuvas foi maior, o que pode ser associado a eventos climáticos esporádicos, como tempestades intensas, que elevam a dispersão das observações em torno da média. Esses picos de variabilidade são importantes, pois revelam a ocorrência de eventos de precipitação mais concentrada em períodos curtos, o que contrasta com a média geral baixa de precipitação.

Outro fator crucial para a análise é o número de observações válidas. Em 2012, foram registradas 8778 observações de um total de 8784 esperadas, indicando uma coleta de dados quase completa. Por outro lado, em 2011, o número de observações válidas foi de apenas 4493, representando uma perda substancial de dados. Essa perda de dados afeta diretamente a confiabilidade das estimativas estatísticas para esses anos, dificultando uma análise mais precisa da precipitação anual.

Os dados ausentes, representados pelos valores-9999, também variam significativamente ao longo dos anos. Em 2011, 4267 observações estavam ausentes, enquanto em 2012 apenas 6 registros foram perdidos. Anos com maior quantidade de dados faltantes, como 2010, 2011 e 2019, comprometem a análise detalhada da precipitação nesses períodos, o que levanta a possibilidade de problemas operacionais ou falhas nos equipamentos de coleta de dados meteorológicos.

Os anos de 2007 e 2014, que apresentam maiores desvios padrão, indicam uma maior irregularidade nas precipitações, sugerindo a ocorrência de eventos de chuva intensa e esporádica. Já anos como 2012 e 2004, que possuem menos valores ausentes e maior número de observações válidas, fornecem estimativas mais confiáveis tanto da média quanto do desvio padrão, permitindo uma análise mais precisa do regime de chuvas em Cuiabá durante esses períodos.

A análise dos dados de precipitação para a cidade de Cuiabá no período de 2003 a 2023 revela que a precipitação anual média é geralmente baixa, com poucos dias de chuva significativa. No entanto, a variabilidade, representada pelos valores de desvio padrão, destaca que alguns anos apresentam chuvas mais intensas e irregulares. Embora a perda de dados em determinados anos comprometa a análise completa, em anos com maior número de observações válidas, como 2012 e 2004, é possível obter uma visão mais detalhada e precisa do comportamento das chuvas na região.

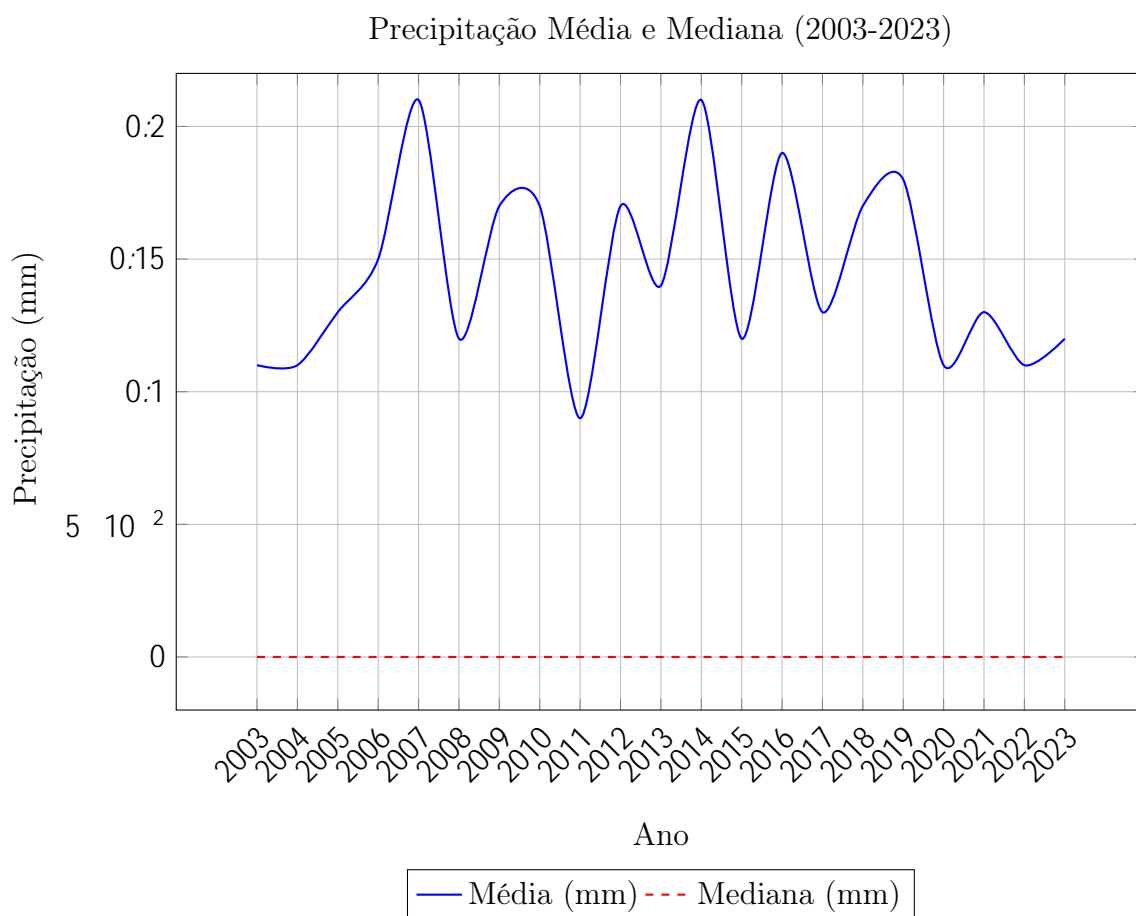


Figura 4.3: Gráfico de Precipitação Média e Mediana (2003-2023)

O Gráfico 4.3 mostra a evolução da precipitação média e mediana na cidade de Cuiabá ao longo dos anos de 2003 a 2023. A linha contínua azul representa a precipitação média anual (em mm), enquanto a linha vermelha tracejada corresponde à mediana anual de precipitação. A análise conjunta desses dois indicadores fornece uma visão importante sobre o comportamento da precipitação na região durante o período de estudo.

A precipitação média varia consideravelmente ao longo do período de 2003 a 2023, com os seguintes destaques:

Em anos como 2007 e 2014, a média atinge os valores mais altos, com 0,21 mm. Esses picos indicam que houve maior ocorrência de chuvas nesses anos, ainda que a média geral se mantenha baixa. Os menores valores de precipitação média são observados em 2011 e 2003, com 0,09 mm e 0,11 mm, respectivamente, sugerindo que esses anos tiveram um regime de chuvas mais reduzido. A partir de 2010, observa-se uma oscilação maior nos valores da média, refletindo uma maior variabilidade nas chuvas de ano para ano. Em anos como 2016 e 2019, por exemplo, a precipitação média se eleva novamente para 0,19 mm e 0,18 mm, respectivamente.

Esses valores de precipitação média indicam que, embora os níveis de precipitação não sejam extremamente altos em nenhum dos anos analisados, há uma clara flutuação na quantidade de chuva, com alguns anos sendo mais chuvosos do que outros.

A linha tracejada vermelha no gráfico, que representa a mediana da precipitação anual, permanece constante em 0,00 mm para todos os anos do período. Esse comportamento é indicativo de que a maioria das observações registradas é composta por dias sem chuva ou com chuvas insignificantes.

A mediana ser 0,00 mm em todos os anos reflete que mais da metade dos dias registrados em cada ano apresentaram precipitação nula. Isso sugere que, apesar de eventuais eventos de precipitação, os dias secos predominam ao longo dos anos, resultando em uma mediana consistentemente nula.

A diferença entre a média e a mediana de precipitação ao longo dos anos é significativa. Enquanto a média de precipitação apresenta variações ao longo do tempo, a mediana se mantém em 0,00 mm. Esse contraste sugere que os poucos eventos de precipitação mais intensa são responsáveis por elevar os valores médios, enquanto a mediana reflete a predominância de dias sem precipitação.

Essa diferença é um indicador importante do padrão de precipitação em Cuiabá: a maior parte dos dias apresenta pouca ou nenhuma chuva, mas há episódios esporádicos de chuvas mais intensas, suficientes para aumentar a média anual.

O gráfico de precipitação média e mediana revela que, ao longo do período de 2003 a 2023, a cidade de Cuiabá experimentou uma baixa quantidade de precipitação média anual, com variações entre os anos. A mediana, constante em 0,00 mm, destaca a predominância de dias secos, enquanto os picos na média indicam que as chuvas mais intensas ocorreram em poucos dias ao longo do ano. Esse padrão é característico de climas com alta irregularidade na distribuição das chuvas, como observado na região de Cuiabá.

## 4.5.2 Temperatura Bulbo Seco

Tabela 4.2: Estatísticas da Temperatura Bulbo Seco por hora, em graus celsius, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023

Ano	Média (°C)	Mediana (°C)	Desvio Padrão	N° Observações	Sem Valores	Total
2003	26,07	25,50	4,65	8539	221	8760
2004	26,20	25,80	4,76	8715	69	8784
2005	26,50	26,00	4,76	8339	421	8760
2006	26,38	25,70	4,48	7244	1516	8760
2007	26,22	25,70	4,66	7571	1189	8760
2008	26,81	26,00	4,44	6698	2086	8784
2009	26,33	25,90	4,93	7987	773	8760
2010	26,53	25,90	5,52	6138	2622	8760
2011	26,68	26,50	5,00	4493	4267	8760
2012	26,55	26,00	4,40	8780	4	8784
2013	26,32	25,80	4,28	8740	20	8760
2014	26,66	26,10	4,23	8129	631	8760
2015	27,25	26,60	4,30	8758	2	8760
2016	26,16	25,60	4,61	7798	986	8784
2017	26,72	26,10	4,44	7510	1250	8760
2018	26,11	25,70	4,52	8160	600	8760
2019	27,37	26,80	3,96	6175	2585	8760
2020	28,58	28,20	4,92	8563	221	8784
2021	27,78	27,40	4,92	8341	419	8760
2022	27,39	27,20	5,03	7373	1387	8760
2023	28,60	28,20	5,09	8127	633	8760

A Tabela 4.2 apresenta as estatísticas da temperatura de bulbo seco na cidade de Cuiabá, com dados coletados por hora, abrangendo o período de 2003 a 2023. A análise dos resultados revela tendências importantes, além de variações interanuais significativas.

A temperatura média ao longo dos anos variou entre 26,07°C (em 2003) e 28,60°C (em 2023). Observa-se uma tendência clara de aumento da média de temperatura, com os anos mais recentes (especialmente 2019, 2020 e 2023) registrando médias acima de 27°C. Esse aumento na temperatura média pode estar relacionado a fatores como o aquecimento global, que tem sido amplamente documentado em várias regiões do mundo, incluindo áreas tropicais como Cuiabá. A mediana dos dados de temperatura, que também acompanha um crescimento ao longo do tempo, mostra que os valores centrais da distribuição de temperaturas seguem de perto a média. Isso sugere que a distribuição dos dados não apresenta grandes assimetrias, ou seja, os valores atípicos (extremos) não têm um impacto significativo nas estatísticas centrais.

O desvio padrão, que indica a variabilidade das temperaturas, apresenta variações ao longo dos anos, indo de 3,96°C (em 2019) a 5,52°C (em 2010). Anos como 2010 e 2023 exibem desvios padrão mais elevados, sugerindo que nesses anos houve maior

dispersão em torno da média, o que pode ser indicativo de variações climáticas sazonais mais acentuadas, com possíveis ocorrências de extremos de calor ou frio. É importante salientar que o desvio padrão não está diretamente em graus Celsius, mas sim em termos absolutos de dispersão dos valores em relação à média. Assim, um desvio padrão maior implica uma maior variação nas temperaturas registradas ao longo do ano.

Além disso, o número de observações válidas em cada ano varia significativamente, com o maior número registrado em 2012 (8780 observações) e o menor em 2011 (4493 observações). Essa variação no número de observações está diretamente ligada à quantidade de dados faltantes, que são especialmente elevados em alguns anos, como 2010, 2011 e 2019. A ausência de dados pode ser atribuída a diferentes fatores, incluindo falhas nos equipamentos de medição ou interrupções na coleta de dados, o que pode influenciar a precisão das estatísticas reportadas para esses anos. Para garantir uma análise mais precisa, os dados faltantes foram contabilizados, e a proporção de observações válidas foi considerada na análise geral.

No que diz respeito à tendência geral observada, nota-se um aumento claro e contínuo nas temperaturas médias, especialmente nos últimos cinco anos da série analisada (2019-2023). Esse comportamento é consistente com as tendências globais de aquecimento, que têm sido amplamente discutidas na literatura científica. Além disso, a maior variabilidade registrada em anos como 2010 e 2023 pode estar associada a eventos climáticos extremos, como ondas de calor, que têm se tornado mais frequentes em muitas regiões tropicais.

Essa análise dos dados de temperatura do bulbo seco na cidade de Cuiabá para o período de 2003 a 2023 fornece uma visão abrangente das tendências climáticas locais. A elevação das temperaturas médias, juntamente com a maior variabilidade em determinados anos, destaca a importância de continuar monitorando as mudanças climáticas e seus impactos potenciais na região. A continuidade da coleta de dados meteorológicos de alta qualidade será essencial para aprofundar a compreensão dessas tendências no futuro.



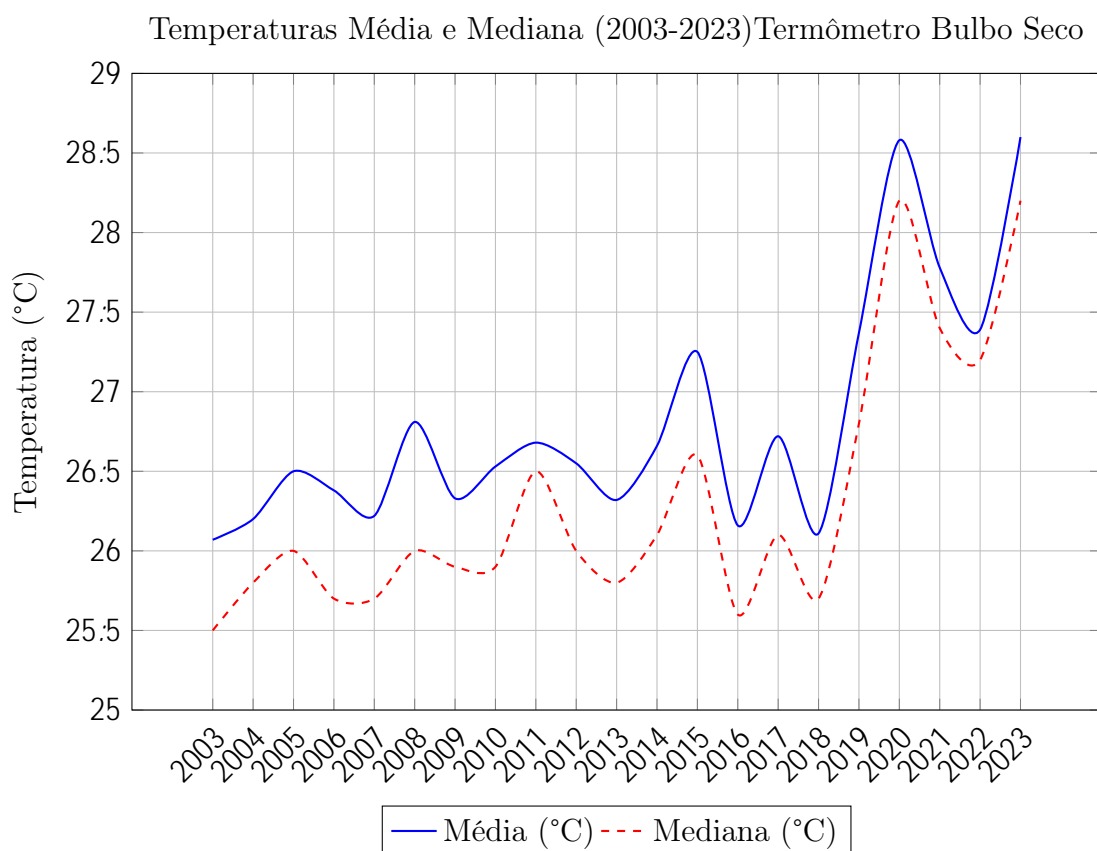


Figura 4.4: Gráfico de temperaturas do Termômetro Bulbo Seco

O gráfico apresentado ilustra a evolução das temperaturas média e mediana do termômetro de bulbo seco na cidade de Cuiabá, ao longo do período de 2003 a 2023. A linha contínua azul representa a temperatura média anual, enquanto a linha tracejada vermelha mostra a mediana anual para o mesmo período.

A análise revela uma tendência de aumento nas temperaturas médias e medianas ao longo dos anos, com um aumento significativo a partir de 2015. Esse comportamento pode ser observado especialmente nos anos de 2019, 2020 e 2023, onde as temperaturas médias ultrapassam os 27°C, com picos em 2020 (28,58°C) e 2023 (28,60°C). Esse aumento pode indicar um possível aquecimento climático na região, uma vez que o período anterior a 2015 apresenta valores mais moderados e relativamente estáveis.

A comparação entre a média e a mediana indica que, apesar de as duas medidas seguirem tendências semelhantes, há uma leve discrepância em alguns anos. Em 2020, por exemplo, a média é ligeiramente superior à mediana, sugerindo que houve alguns dias com temperaturas extremamente altas, o que influenciou o valor médio. A proximidade entre a média e a mediana na maioria dos anos indica uma distribuição de temperaturas relativamente simétrica, com poucas variações extremas.

Em anos como 2020 e 2023, a mediana atingiu valores mais elevados (28,20°C), o que demonstra que, nesses anos, pelo menos metade dos dias teve temperaturas acima desse patamar, reforçando a percepção de aquecimento contínuo.

A estabilidade nas temperaturas médias e medianas em anos anteriores a 2015 e a elevação significativa nos anos seguintes são indicativos de mudanças climáticas na região de Cuiabá, sugerindo a necessidade de monitoramento mais detalhado das tendências de longo prazo e suas possíveis consequências.

### 4.5.3 Temperatura Ponto de Orvalho

Tabela 4.3: Estatísticas da Temperatura Ponto de Orvalho por hora, em graus celsius, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023)

Ano	Média (°C)	Mediana (°C)	Desvio Padrão	N° Observações	Sem Valores	Total
2003	19,30	20,9	4,05	8539	221	8760
2004	19,48	21,0	3,85	8715	69	8784
2005	19,39	20,9	4,12	8339	421	8760
2006	19,52	21,1	3,94	7244	1516	8760
2007	19,83	21,3	3,78	7571	1189	8760
2008	19,82	21,0	3,42	6698	2086	8784
2009	19,59	20,6	3,31	7987	773	8760
2010	18,08	19,2	5,07	6137	2623	8760
2011	16,93	18,1	4,45	4493	4267	8760
2012	18,53	20,3	4,41	8780	4	8784
2013	18,64	20,4	4,83	8740	20	8760
2014	19,34	20,5	3,25	8129	631	8760
2015	19,63	21,1	3,77	8756	4	8760
2016	18,50	20,3	4,54	7798	986	8784
2017	18,20	20,5	4,96	7510	1250	8760
2018	18,60	20,4	4,28	8160	600	8760
2019	20,29	21,1	2,71	6175	2585	8760
2020	17,09	18,5	4,75	8563	221	8784
2021	16,90	18,8	5,25	8341	419	8760
2022	16,64	17,8	4,53	7373	1387	8760
2023	17,60	18,7	3,88	8127	633	8760

A Tabela 4.3 apresenta as estatísticas descritivas da temperatura do ponto de orvalho por hora, em graus Celsius, na cidade de Cuiabá, no período de 2003 a 2023. Os dados analisados incluem a média, a mediana, o desvio padrão, o número de observações, o número de dados ausentes (denotados como "Sem Valores") e o total de observações esperadas para cada ano.

Os valores de média da temperatura do ponto de orvalho variam consideravelmente ao longo dos anos. O menor valor médio foi observado em 2022, com 16,64°C, enquanto o maior valor foi registrado em 2019, com 20,29°C. Essa variação entre os anos pode estar

associada a flutuações sazonais ou mudanças climáticas ao longo do período estudado. A mediana, que representa o ponto central dos dados, segue um comportamento semelhante, variando de 17,8°C em 2022 até 21,3°C em 2007. O fato de a mediana ser frequentemente maior que a média sugere que há uma leve assimetria nos dados, com alguns valores de temperatura mais baixos influenciando as médias anuais.

O desvio padrão, que indica a dispersão dos dados em relação à média, apresenta variações importantes entre os anos, destacando períodos com maior ou menor variabilidade na temperatura do ponto de orvalho. Os anos de maior dispersão são 2021, com um desvio padrão de 5,25, e 2010, com 5,07, sugerindo que nesses anos as temperaturas do ponto de orvalho apresentaram oscilações mais amplas. Por outro lado, os anos com menor variação foram 2019, com um desvio padrão de 2,71, e 2014, com 3,25. Vale ressaltar que os valores de desvio padrão não estão expressos em graus Celsius, pois referem-se à dispersão relativa em torno da média.

A coluna referente ao número de observações indica quantas medições válidas foram registradas em cada ano. O total de observações por ano varia entre 8760 e 8784, dependendo se o ano é bissexto ou não. No entanto, alguns anos apresentaram lacunas consideráveis, como em 2011, onde apenas 4493 observações foram válidas, devido à presença de 4267 dados ausentes. Essas lacunas ocorreram principalmente devido a erros de medição, nos quais os dados inválidos foram reportados com o valor -9999. Esses valores foram identificados e removidos do conjunto de dados final para evitar distorções nas análises.

Os anos com menor número de dados faltantes incluem 2012 e 2015, com apenas 4 medições ausentes cada um, enquanto o ano de 2004 também se destaca por sua completude, com apenas 69 valores ausentes. Em contraste, 2010 e 2019 apresentaram grandes quantidades de dados ausentes, com 2623 e 2585 medições faltantes, respectivamente. Esses anos com lacunas significativas devem ser interpretados com cuidado, pois as ausências de dados podem afetar a precisão das análises estatísticas.

Essa análise descritiva fornece uma visão detalhada da temperatura do ponto de orvalho na cidade de Cuiabá, considerando a variação anual e as inconsistências de medição. A exclusão dos valores inválidos garante que as estatísticas apresentadas reflitam fielmente as condições climáticas reais ao longo do período de estudo.

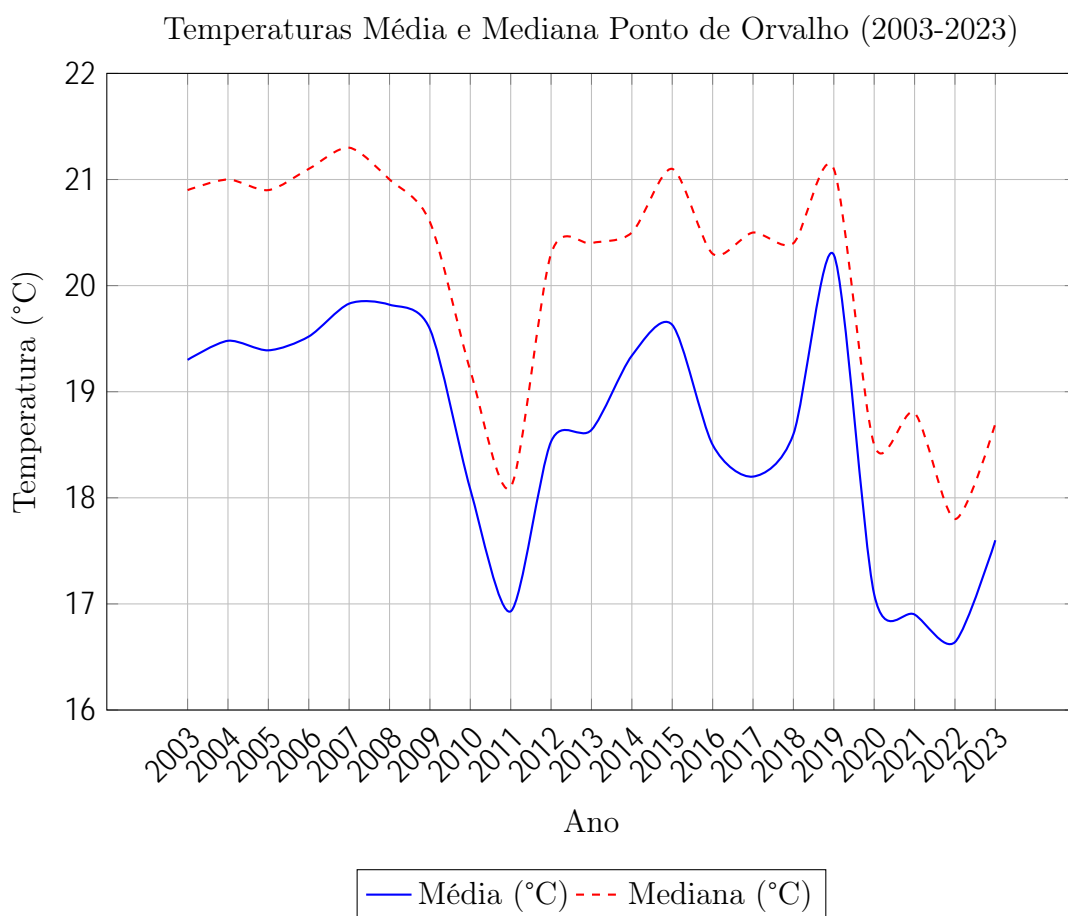


Figura 4.5: Gráfico de Temperaturas Média e Mediana Ponto de Orvalho (2003-2023)

A Figura 4.5 apresenta a evolução das temperaturas médias e medianas do ponto de orvalho na cidade de Cuiabá entre os anos de 2003 e 2023. A linha azul representa a média anual, enquanto a linha vermelha tracejada corresponde à mediana anual, ambas em graus Celsius.

Observa-se que a temperatura média variou entre um mínimo de  $16,64^{\circ}$  em 2022 e um máximo de  $20,29^{\circ}\text{C}$  em 2019. Esse comportamento evidencia oscilações significativas ao longo dos anos, com períodos de aquecimento e resfriamento. A mediana segue uma tendência semelhante, variando entre  $17,8^{\circ}\text{C}$  (2022) e  $21,3^{\circ}\text{C}$  (2007), o que indica que a distribuição das temperaturas foi relativamente estável, com flutuações moderadas entre os valores centrais.

Os anos de 2010 e 2011 chamam atenção por apresentarem as temperaturas mais baixas do período, com médias de  $18,08^{\circ}\text{C}$  e  $16,93^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, e medianas de  $19,2^{\circ}\text{C}$  e  $18,1^{\circ}\text{C}$ . A queda acentuada nesses anos pode ser atribuída a fatores climáticos atípicos, como a ocorrência de eventos meteorológicos extremos, e à quantidade significativa de dados ausentes, especialmente em 2011, o que pode ter influenciado negativamente a

precisão das estatísticas.

Por outro lado, o ano de 2019 destaca-se como um período de aquecimento, com a maior média registrada 20,29°C, refletida também em uma mediana elevada 21,1°C. Esse aumento nas temperaturas pode indicar um fenômeno climático específico, como um ano particularmente quente ou uma mudança nas condições de umidade na região.

Ao longo do período, a diferença entre a média e a mediana é relativamente pequena, sugerindo que a distribuição das temperaturas é geralmente simétrica, com algumas exceções. Nos anos de 2010 e 2021, por exemplo, observa-se uma diferença mais pronunciada entre as duas medidas, o que pode indicar a presença de valores atípicos, com temperaturas mais extremas que influenciaram a média mais do que a mediana.

Além disso, deve-se considerar que os dados ausentes, reportados como -9999, foram removidos das análises. A quantidade significativa de dados faltantes em certos anos, como 2011 e 2010, pode ter afetado as médias e medianas desses períodos, prejudicando a precisão das estimativas.

Em resumo, o gráfico revela tendências importantes de variação nas temperaturas do ponto de orvalho, com alguns anos apresentando oscilações acentuadas. Essas variações podem estar relacionadas tanto a fatores climáticos quanto a limitações nos dados, como os erros de medição e lacunas observadas.

#### 4.5.4 Umidade

Tabela 4.4: Estatísticas de Umidade Relativa por hora, em porcentagem, na cidade de Cuiabá no período 2003-2023

Ano	Média (%)	Mediana (%)	Desvio Padrão	N° Observações	Sem Valores	Total
2003	73.27	79	19.23	8539	221	8760
2004	73.22	78	18.50	8715	69	8784
2005	71.50	76	18.31	8339	421	8760
2006	72.66	78	18.95	7243	1517	8760
2007	74.58	79	18.01	7568	1192	8760
2008	71.77	77	19.41	7131	1653	8784
2009	73.11	77	18.11	7978	782	8760
2010	68.37	74	22.02	6137	2623	8760
2011	62.36	64	20.63	4488	4272	8760
2012	68.68	73	20.41	8779	5	8784
2013	69.34	74	19.87	8740	20	8760
2014	70.61	74	18.63	8105	655	8760
2015	68.10	72	20.06	8756	4	8760
2016	69.40	74	19.80	7790	994	8784
2017	66.96	72	21.26	7489	1271	8760
2018	69.76	74	18.93	8160	600	8760
2019	70.89	74	16.69	6175	2585	8760
2020	57.06	59	20.17	8563	221	8784
2021	58.46	61	20.00	8341	419	8760
2022	58.65	61	19.06	7352	1408	8760
2023	58.31	60	19.55	8121	639	8760

A Tabela 4.4 apresenta as estatísticas anuais da umidade relativa, em porcentagem, para a cidade de Cuiabá no período de 2003 a 2023. As estatísticas incluem a média, a mediana, o desvio padrão, o número de observações válidas, os dados ausentes e o total de registros esperados para cada ano.

De maneira geral, a umidade relativa média variou entre um mínimo de 57,06% em 2020 e um máximo de 74,58% em 2007. A mediana também reflete essa tendência, com valores entre 59% em 2020 e 79% em 2003 e 2007, sugerindo que a maior parte das observações tende a se concentrar em torno de valores mais elevados no início do período estudado.

O ano de 2007 apresenta os valores mais elevados tanto para a média (74,58%) quanto para a mediana (79%), indicando um período de maior umidade. Em contraste, os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023 registram os menores valores, com médias inferiores a 60%, sugerindo uma tendência de queda na umidade relativa nesses anos, o que pode estar relacionado a mudanças climáticas ou meteorológicas na região.

O desvio padrão ao longo do período variou entre 16,69 (2019) e 22,02 (2010), refletindo a variação na umidade ao longo dos diferentes horários. Anos com valores de desvio padrão

mais elevados, como 2010 e 2011, indicam uma maior dispersão nos dados de umidade, sugerindo a presença de variações mais extremas em diferentes horários do dia nesses anos.

Além disso, a quantidade de observações válidas e os dados ausentes variaram significativamente ao longo dos anos. Por exemplo, 2011 apresenta o maior número de dados ausentes (4272 observações faltantes), o que corresponde a uma quantidade significativa de dados não registrados ou incorretamente medidos, provavelmente atribuídos a erros de medição ou falhas nos instrumentos meteorológicos. Esses dados ausentes foram excluídos da análise por estarem registrados com o valor -9999.

Outro ponto a ser destacado é a tendência de queda acentuada na umidade relativa a partir de 2010, quando a média desce de 68,37% para 57,06% em 2020. Essa mudança pode ser um indicativo de alterações climáticas ou mudanças no regime de precipitação na região, impactando a umidade relativa ao longo dos anos.

Em resumo, a análise da umidade relativa ao longo dos anos revela um período de maior umidade entre 2003 e 2007, seguido por uma tendência de declínio a partir de 2010. As diferenças entre a média e a mediana, associadas aos valores do desvio padrão, sugerem uma variação considerável nos dados, especialmente em anos com maior quantidade de dados ausentes, como 2010 e 2011, o que pode ter influenciado a precisão das estimativas.

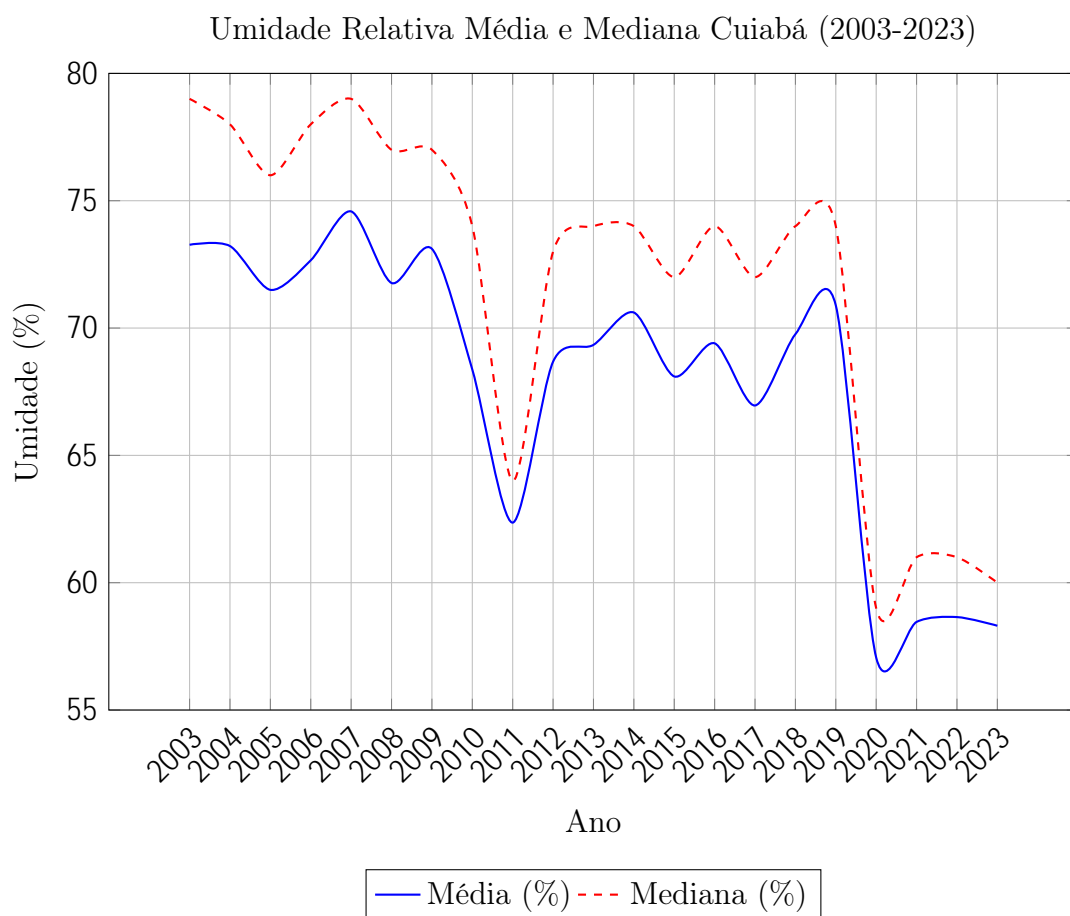


Figura 4.6: Gráfico de Umidade Relativa Média e Mediana (2003-2023)

O Gráfico 4.6 apresenta a comparação entre os valores de média e mediana da umidade relativa na cidade de Cuiabá, para o período de 2003 a 2023. A curva sólida em azul representa os valores médios, enquanto a linha tracejada em vermelho exibe os valores medianos.

De maneira geral, observa-se que os valores da mediana são consistentemente superiores aos valores da média ao longo do período analisado. Esse comportamento sugere uma distribuição assimétrica dos dados, onde há um maior número de observações concentradas em valores mais elevados, mas com alguns períodos de umidade consideravelmente mais baixa, que reduzem a média. Essa diferença entre média e mediana reflete a presença de uma maior variabilidade nos dados em determinados momentos.

Os maiores valores de umidade relativa são observados em 2007, tanto para a média (74,58%) quanto para a mediana (79%). Esse ano marca o pico da série temporal, destacando-se como um período de maior umidade na cidade. Após esse ponto, há uma tendência de declínio acentuado nos valores de umidade relativa, especialmente entre 2010



e 2011, onde a média cai de 68,37% em 2010 para 62,36% em 2011, e a mediana de 74% para 64% no mesmo período.

Outro ponto importante é o comportamento da umidade relativa a partir de 2019. Nota-se uma queda expressiva nos valores, sendo que o ano de 2020 apresenta os menores valores médios (57,06%) e mediana (59%). Essa queda pode estar associada a mudanças climáticas locais, com possíveis impactos na variação das condições atmosféricas.

Os valores de mediana superiores à média indicam que, em geral, a maior parte das observações de umidade relativa está acima dos valores médios, mas há registros de períodos com baixa umidade que distorcem os resultados médios, como é o caso dos anos de 2010 e 2011. Isso pode estar relacionado a eventos de seca ou a padrões sazonais mais extremos, impactando a distribuição geral dos dados.

De forma geral, o gráfico revela uma tendência de queda nos valores de umidade relativa ao longo do tempo, especialmente a partir de 2010, com oscilações entre anos, mas sem uma recuperação dos altos níveis observados no início do período estudado.

## 4.6 Valores Mínimos, Médios e Máximos

Neste capítulo, apresentamos uma análise detalhada dos dados climáticos da cidade de Cuiabá, abrangendo o período de 2003 a 2023. A análise será conduzida para quatro variáveis meteorológicas: precipitação, temperatura do bulbo seco, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa.

Para cada uma dessas variáveis, serão discutidos os valores mínimos, valores médios e valores máximos mensais por ano. A exceção será a precipitação, para a qual os valores mínimos não serão apresentados devido à sua constante observação de zero, o que limita sua utilidade na análise.

No caso da temperatura do ponto de orvalho, da temperatura do bulbo seco e da umidade relativa, todos os valores, incluindo máximos, médios e mínimos, serão considerados para fornecer uma visão completa das variações e tendências ao longo do tempo.

A análise buscará identificar padrões sazonais e anuais, além de possíveis mudanças climáticas ao longo do período estudado, oferecendo uma visão abrangente das condições atmosféricas em Cuiabá e suas implicações para a compreensão do clima da região.

## 4.6.1 Precipitação

### Valor Médio Mensal Por Ano

Tabela 4.5: Valores Médios Mensais de Precipitação em milímetros por ano de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0				0,0	0,2	0,3
2004	0,2	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2
2005	0,2	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0		0,0	0,1	0,2	0,2	0,1
2006	0,2	0,5	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
2007	0,4	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,4	0,2
2008	0,5	0,1	0,2	0,1			0,0		0,0	0,0	0,1	0,3
2009	0,2	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4
2010	0,4	0,5	0,4	0,1		0,0	0,0		0,0	0,1		
2011					0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2012	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,1	0,0		0,1	0,1	0,3	0,2
2013	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0		0,0	0,1	0,2	0,3
2014	0,3	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1		0,0	0,2	0,5	0,3
2015	0,3	0,2	0,5	0,2	0,1		0,0		0,0	0,1	0,2	0,2
2016	0,5	0,1	0,3	0,3	0,0	0,0		0,1	0,0	0,3	0,3	0,3
2017	0,3	0,2	0,3	0,1	0,0			0,0	0,0	0,1	0,1	0,6
2018	0,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,7	0,3
2019	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2				0,1	0,3	0,2	0,3
2020	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1			0,0	0,0	0,1	0,3	0,2
2021	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0			0,0	0,1	0,4	0,3
2022	0,3	0,4		0,1	0,0	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
2023	0,4	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0		0,0	0,0	0,1	0,1	0,1

A análise dos valores médios mensais de variações em milímetros de 2003 a 2023 revela um padrão climático predominantemente seco na região. A maioria dos meses apresenta negociações muito baixas, com a maioria dos registros abaixo de 1 mm. Os meses de junho, julho e agosto, em particular, mostram frequentemente valores de 0 mm, períodos secos consistentes, o que é característico de climas com estações secas bem definidas.

Os meses mais chuvosos tendem a ser de outubro a março, embora mesmo nesses meses as necessidades de ocorrência sejam baixas em comparação com outras regiões do Brasil. Notavelmente, em 2017, houve um aumento na ocorrência em dezembro, alcançando 0,6 mm, o que pode indicar a ocorrência de um evento climático específico.

Além disso, a tabela mostra muitos meses sem registros de incidentes, especialmente em anos como 2008 e 2010, que podem indicar secas ou problemas de medição. Essa irregularidade nos dados destaca a necessidade de mais investigações sobre a disponibilidade de água e suas implicações para a agricultura e o manejo de recursos hídricos na região. Em resumo, os baixos níveis de colheita podem ter consequências significativas para a agricultura local e a gestão hídrica, exigindo atenção e planejamento.

Gráfico de Precipitação mensal por ano em Cuiabá (2003-2023)

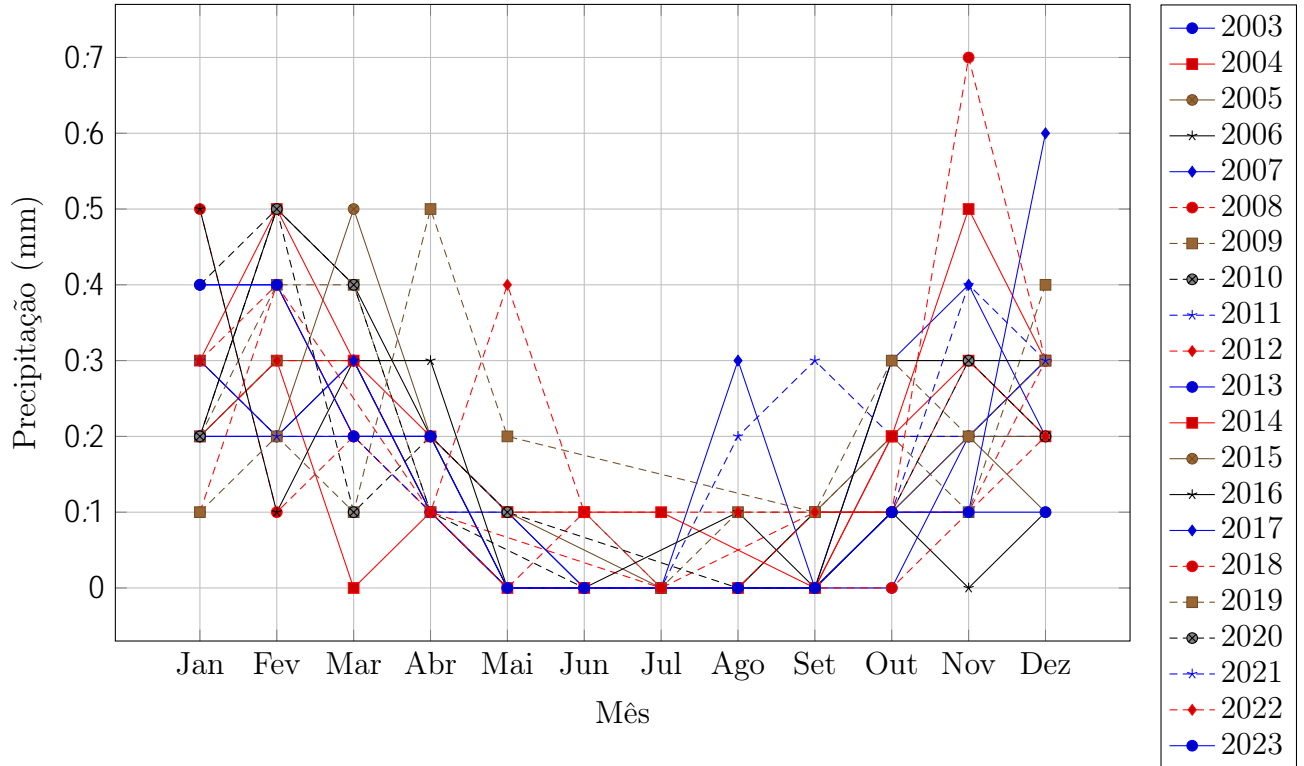


Figura 4.7: Gráfico de Precipitação mensal por ano em Cuiabá (2003-2023)

O gráfico apresentado ilustra a previsão mensal em milímetros em Cuiabá ao longo dos anos de 2003 a 2023. A análise revela que a ocorrência na região é geralmente baixa, com a maioria dos meses apresentando valores próximos de 0 mm, indicando um clima predominantemente seco. Os meses de junho, julho e agosto frequentemente mostram demonstrações de 0 mm, caracterizando a estação seca de forma consistente ao longo dos anos. Durante os meses chuvosos, que vão de outubro a março, observa-se alguma variação, com anos como 2006 e 2009 registrando picos de incidência.

Uma anomalia notável ocorre em 2017, quando a ocorrência em dezembro atinge 0,6 mm, permitindo a possibilidade de eventos climáticos específicos que merecem investigação adicional. Além disso, anos como 2008 e 2010 apresentam muitos meses sem registros de ocorrências, o que pode indicar secas severas ou problemas na coleta de dados.

## Valor Máximo Mensal Por Ano

Tabela 4.6: Precipitação Máxima mensal em milímetros em Cuiabá de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	13,6	13,6	9,2	16,2	8,8	0,4				10,6	31,0	17,0
2004	27,8	26,4	19,6	21,6	7,2	0,2	8,2	0,2	9,6	28,0	28,6	25,2
2005	11,0	22,8	45,0	17,4	3,6	14,4		0,6	13,4	51,0	25,2	20,2
2006	14,6	37,2	27,8	25,2	3,8	0,2	3,6	9,0	25,8	15,0	5,4	4,8
2007	86,4	35,6	29,0	17,2	5,4	0,2	5,4	16,6	3,8	40,4	31,6	31,4
2008	38,4	9,8	14,0	18,4			3,6	0,4	12,4	3,8	20,8	27,4
2009	27,6	36,8	32,4	53,2	16,2	9,8	12,8	33,8	15,4	47,2	14,6	27,2
2010	29,6	48,2	30,2	52,4		4,2	5,6		2,2	2,4		
2011					2,0	2,8	0,4	5,6	7,2	29,2	16,6	32,6
2012	18,8	42,6	28,6	22,4	47,8	22,8	0,4	0,0	17,6	7,8	23,4	39,0
2013	18,0	12,0	59,0	21,4	34,0	7,8	4,0	0,0	10,4	22,2	36,0	48,4
2014	27,0	40,2	41,6	25,0	11,8	19,2	19,4	0,0	5,6	26,2	68,2	40,8
2015	34,4	27,2	36,8	17,2	10,2	0,2	21,4	0,0	6,4	11,8	22,4	24,2
2016	35,8	7,2	24,4	14,8	4,0	2,4	0,0	6,4	5,6	22,4	30,2	29,0
2017	27,2	24,4	29,4	15,6	7,4	0,0	0,2	7,2	2,6	12,0	21,2	27,4
2018	27,4	38,2	14,4	8,0	12,6	1,0	0,2	3,0	12,6	19,2	67,8	36,0
2019	23,0	44,6	11,4	50,2	21,2	0,0	0,0	0,0	10,0	33,6	15,2	25,4
2020	30,8	46,2	27,6	37,6	15,0	0,0	0,0	0,4	0,8	17,0	31,2	19,6
2021	38,6	31,0	44,4	20,4	4,6	11,0	0,0	0,0	9,8	26,0	49,0	33,0
2022	21,4	38,2	0,4	14,2	0,4	8,0	0,0	9,4	34,2	12,0	12,2	21,4
2023	41,2	36,4	29,6	15,6	5,6	8,6	0,0	9,4	12,6	13,8	13,0	13,2

A tabela apresentada mostra a precipitação máxima mensal em milímetros em Cuiabá de 2003 a 2023, revelando variações sazonais nas chuvas ao longo dos anos e meses. Em geral, os meses de janeiro e fevereiro costumam apresentar as maiores precipitações. Por exemplo, em 2007, janeiro registrou uma ocorrência extremamente alta de 86,4 mm, diminuindo um evento de chuvas intensas. Os meses de março e outubro também mostram valores elevados em anos específicos, como em 2005 e 2009.

Por outro lado, os meses de junho e julho apresentam frequentemente valores muito baixos, com registros de 0 mm de negócios em alguns anos. Em 2011, por exemplo, esses meses continham nula, o que pode indicar uma seca significativa. Anos como 2010 mostram um padrão irregular, com janeiro e fevereiro apresentando valores altíssimos, seguidos por uma queda drástica nos meses subsequentes. Em contraste, 2018 e 2019 apresentam precipitações altas em meses como fevereiro e março, mas secas em junho e julho.

A partir de 2016, uma tabela sugere uma certa estabilidade nas precipitações, embora ainda haja flutuações que podem ser atribuídas a variações climáticas. O incidente de dezembro também é notável, alcançando frequentemente valores significativos, como em 2018, que registrou 36,0 mm. Essas variações na mensal têm implicações diretas na agricultura, no abastecimento de água e na gestão de recursos hídricos na região. Meses com alta incidência podem beneficiar a agricultura, enquanto meses secos podem criar desafios.

Em resumo, a tabela de precipitações máximas mensais em Cuiabá entre 2003 e 2023 destaca a variabilidade e a irregularidade das chuvas, com meses de alta ocorrência intercalados por períodos secos.

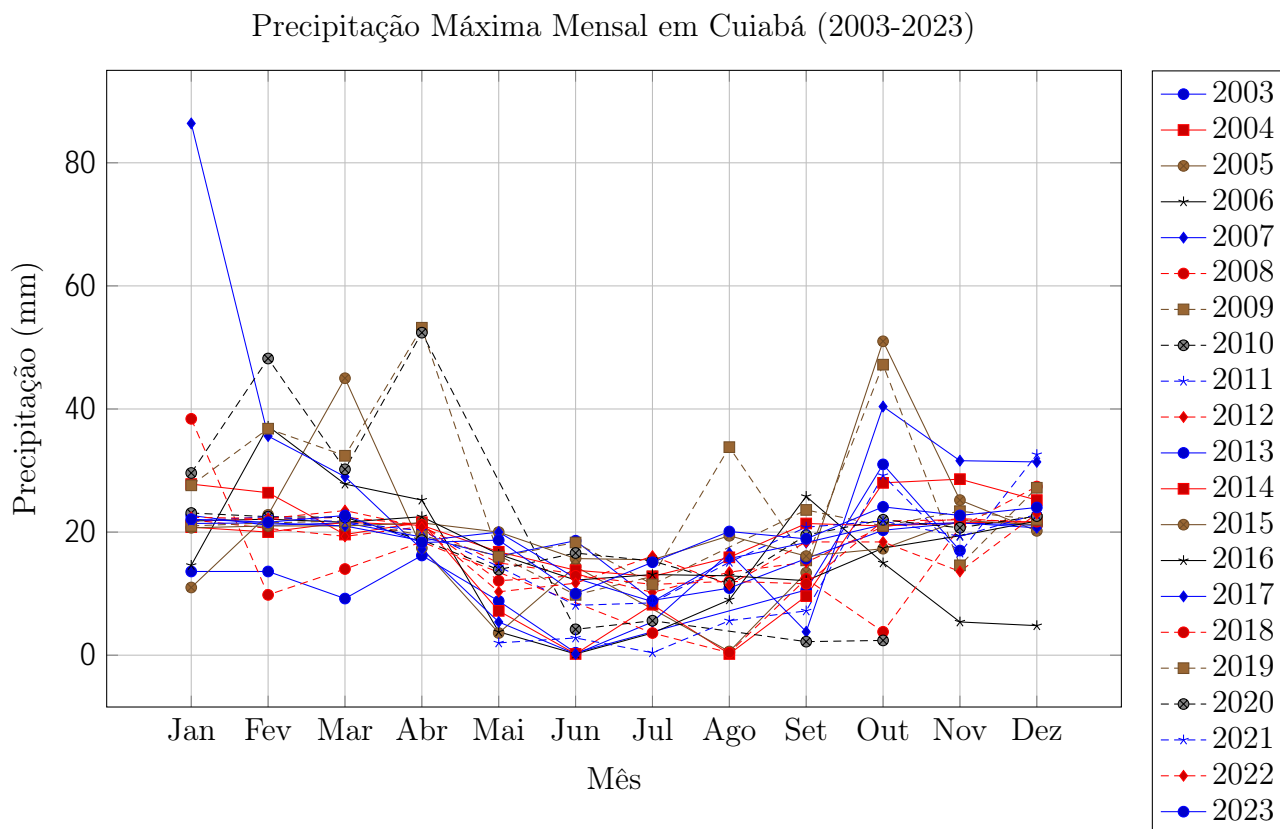


Figura 4.8: Gráfico de Precipitação Máxima Mensal em Cuiabá (2003-2023)

O gráfico apresentado ilustra a previsão máxima mensal em Cuiabá de 2003 a 2023, mostrando as variações nas chuvas ao longo dos anos. A análise do gráfico revela que os meses de janeiro e fevereiro costumam ter os maiores índices de precipitação, com picos notáveis, como os 86,4 mm registrados em janeiro de 2007.

Os meses de março e outubro também apresentaram valores significativos em anos específicos, como em 2009 e 2010. Em contrapartida, os meses de junho e julho apresentam frequentemente incidência nula, evidenciando a estação seca da região. Em 2011, por exemplo, ambos os meses tiveram zero mm de precipitação, fornecendo uma seca severa.

A partir de 2016, os gráficos demonstram uma certa estabilidade nas precipitações, mas ainda com flutuações que refletem variações climáticas. O mês de dezembro, em particular, destaca-se com valores significativos em anos como 2018, quando a precipitação alcançou 36,0 mm. Essas variações mensais têm implicações diretas na agricultura e na gestão de recursos hídricos, uma vez que meses com altas alterações podem beneficiar a

produção agrícola, enquanto os períodos secos podem gerar desafios.

Em resumo, os gráficos de previsões mensais máximas em Cuiabá entre 2003 e 2023 evidenciam a irregularidade das chuvas, com meses de alta temporada intercalados por períodos secos.

## 4.6.2 Temperatura Bulbo Seco

Valor Mínimo Mensal Por Ano

Tabela 4.7: Valores Mínimos Mensais de Temperatura Bulbo Seco (°C) de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	22,7	18,2	21,7	17,2	14,1	16,0	12,9	12,2	13,8	18,9	18,6	21,3
2004	22,4	21,5	19,3	20,3	14,6	12,7	14,3	12,2	12,6	20,2	18,7	20,9
2005	23,0	19,2	21,1	14,8	18,7	16,5	12,1	10,4	12,6	19,8	20,9	21,9
2006	21,9	21,9	22,2	18,6	13,0	16,8	13,1	13,6	15,1	22,1	21,7	23,4
2007	22,7	21,0	21,8	20,0	11,3	16,0	11,6	12,2	16,0	18,9	21,9	20,7
2008	22,0	22,0	21,6	17,7	14,4	14,5		18,7	14,3	19,7	20,7	16,6
2009	17,9	21,3	22,1	9,6	18,9	12,0	10,3	13,2	16,2	18,2	21,9	22,2
2010	22,5	21,6	22,7	16,5	18,7	15,1	9,7	12,2	18,8	18,4		
2011					18,4	10,7	12,5	11,1	21,9	19,9	22,0	21,1
2012	22,0	20,6	19,3	20,9	15,0	13,2	10,2	13,5	15,1	20,9	22,2	21,5
2013	22,7	21,1	21,5	19,2	16,1	18,6	8,9	10,9	15,7	20,3	21,5	21,1
2014	20,8	20,0	21,6	21,1	16,8	13,8	12,8	15,9	21,4	21,0	21,5	21,7
2015	20,7	21,0	21,0	21,5	20,0	15,7	15,5	19,4	16,1	17,3	21,9	21,2
2016	21,8	22,1	21,6	22,5	16,4	12,2	13,1	12,9	12,1	17,4	19,4	21,8
2017	21,4	21,5	21,0	18,6	20,0	12,5	8,7	15,7	18,3	21,2	21,5	20,7
2018	21,8	22,1	22,4	21,2	12,1	12,9	11,5	12,0	11,6	21,8	22,0	21,7
2019	21,0	21,5	21,8	19,5	16,0	18,3	11,5		23,6	21,0	23,4	22,0
2020	23,1	22,5	22,4	18,7	13,9	16,6	15,3	11,7	19,5	22,0	20,7	22,6
2021	21,8	22,5	21,6	20,2	14,4	8,1	8,5	15,1	20,8	21,8	19,3	22,9
2022	22,4	22,2	23,5	20,8	10,3	11,7	16,1	11,4	18,4	18,4	13,6	23,0
2023	22,1	21,6	22,7	18,3	18,7	10,0	15,1	20,1	18,9	24,1	22,7	24,0

A tabela apresentada fornece os valores mínimos mensais de temperatura do bulbo seco em graus Celsius (°C) para Cuiabá, no período de 2003 a 2023. A análise desses dados permite identificar padrões e tendências na temperatura ao longo dos anos e meses.

Os dados mostram que, em geral, os meses de janeiro e fevereiro apresentam temperaturas mínimas relativamente altas, muitas vezes acima de 21 °C, com o ano de 2005 registrando 23,0 °C em janeiro. Durante o mês de julho, as temperaturas mínimas tendem a ser mais baixas, com valores que podem cair para cerca de 8,7 °C, como observado em 2017.

A variabilidade mensal é notável, onde meses como abril e agosto apresentam temperaturas mínimas mais baixas, com valores que podem atingir 9,6 °C em 2009 para abril. Em contrapartida, dezembro mostra frequentemente temperaturas mínimas acima de 20 °C, indicando um padrão típico das estações na região.

Analisando as lacunas nos dados, como os meses sem registros em 2008 e 2010, é importante considerar a possibilidade de falhas na coleta de dados ou ocorrências

climáticas atípicas que podem ter influenciado as influências.

A partir de 2016, observa-se uma tendência de estabilidade nas temperaturas mínimas, mas com flutuações que podem ser exploradas por meio de análises de série temporal e modelos de regressão. A comparação dos dados anuais revela que os anos de 2020 e 2021 apresentaram temperaturas mínimas relativamente altas, indicando uma possível mudança nas condições climáticas.

Em resumo, a tabela de valores mínimos mensais de temperatura do bulbo seco em Cuiabá entre 2003 e 2023 evidencia a variabilidade das temperaturas ao longo do ano, com implicações importantes para a análise climática e suas consequências na agricultura e no gerenciamento de recursos hídricos na região. Uma aplicação de métodos estatísticos avançada pode aprofundar a compreensão das tendências observadas e suas

Gráfico de valores Mínimos Mensais de Temperatura Bulbo Seco (°C) de 2003 a 2023

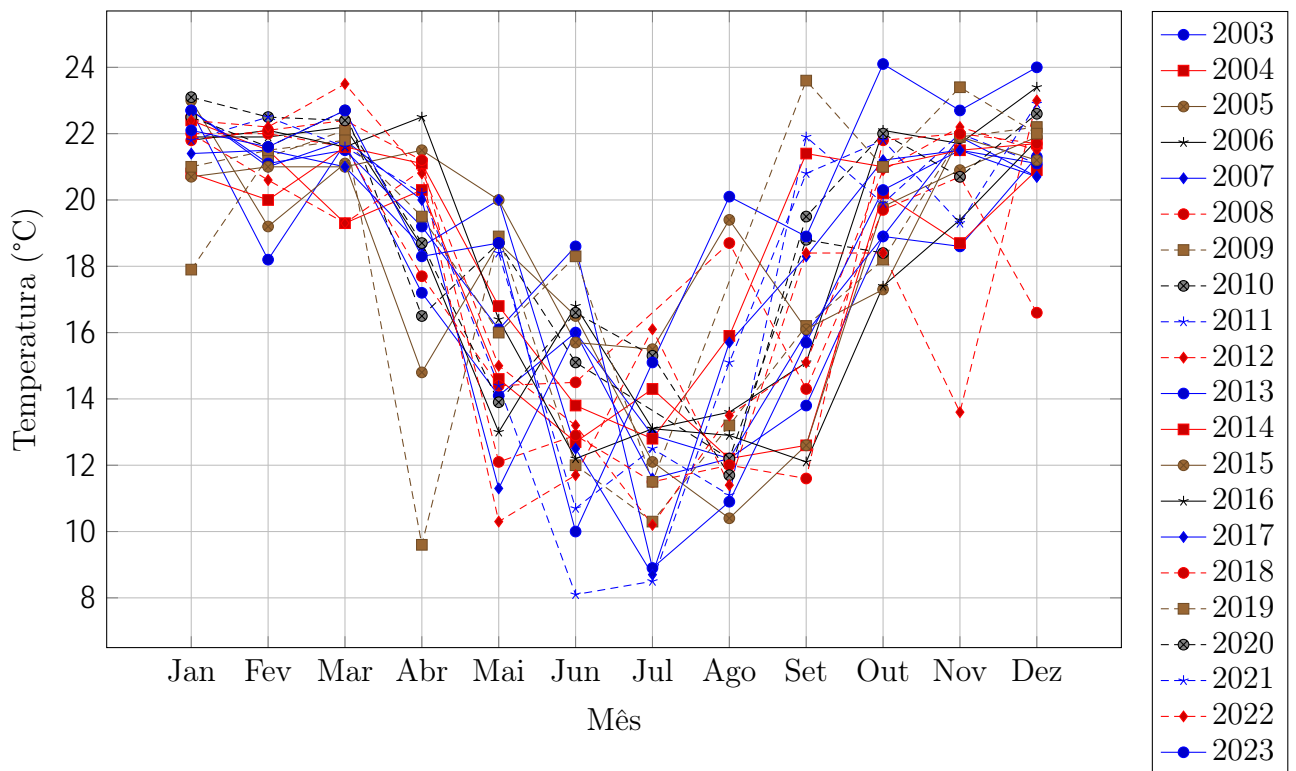


Figura 4.9: Gráfico de Curvas da Temperatura Média Mensal em Cuiabá (2003-2023)

O gráfico apresentado ilustra os valores mínimos mensais da temperatura do bulbo seco em Cuiabá, variando de 2003 a 2023. A análise dos dados permite compreender os padrões de temperatura ao longo do ano e ao longo dos anos.

Os meses de janeiro e fevereiro geralmente apresentam temperaturas mínimas elevadas, muitas vezes acima de 21 °C. O ano de 2005 destaca-se com uma mínima de 23,0

°C em janeiro. Em contrapartida, os meses de junho e julho mostram temperaturas mínimas significativamente mais baixas, com o menor registro de 8,7 °C em julho de 2017, evidenciando a influência da estação seca.

O gráfico também revela a presença de lacunas nos dados, como a ausência de registros em meses específicos, como em 2008 e 2010, que podem indicar problemas na coleta de dados ou características climáticas atípicas. Essas lacunas são relevantes para a análise estatística e a estimativa climática.

A partir de 2016, observa-se uma tendência geral de estabilidade nas temperaturas mínimas, embora flutuações ainda sejam evidentes. Nos anos de 2020 e 2021 temperaturas mínimas relativamente altas, proporcionando possíveis mudanças nas condições climáticas.

Em resumo, os gráficos de temperaturas mínimas mensais de Cuiabá entre 2003 e 2023 evidenciam a variabilidade das temperaturas ao longo do ano. Esta análise é crucial para entender não apenas as dinâmicas climáticas locais, mas também suas implicações para a agricultura e a gestão de recursos hídricos na região. A aplicação de métodos estatísticos pode aprofundar a compreensão das tendências observadas e suas causas subjacentes.

#### Valor Médio Mensal Por Ano

Tabela 4.8: Temperaturas Bulbo seco Mensais por ano em graus Celsius de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	26,81	26,57	26,51	26,10	25,17	24,65	23,65	24,69	27,25	27,50	26,93	27,52
2004	26,81	26,71	27,46	26,89	22,93	23,67	23,33	25,33	28,19	28,39	27,15	27,78
2005	27,11	27,30	26,93	26,37	26,48	25,47	23,34	26,44	25,31	28,19	27,76	27,30
2006	26,95	26,89	26,73	26,23	23,69	25,06	24,65	26,81	27,40	27,31	30,03	27,73
2007	27,64	26,68	27,31	27,25	23,75	23,99	23,50	22,84	27,76	28,12	27,01	27,05
2008	26,23	26,83	26,53	25,78	23,52	24,45	31,13	27,96	27,69	28,42	28,71	27,26
2009	27,57	27,59	27,58	24,82	25,74	22,80	24,14	25,98	27,25	28,52	28,34	27,07
2010	27,27	27,71	27,69	26,72	26,29	24,92	23,17	25,32	29,79	25,15		
2011				25,40	24,57	25,48	26,51	29,03	27,93	27,93	27,04	
2012	26,19	26,23	26,11	26,73	25,06	24,25	24,07	27,33	29,65	28,90	26,83	27,22
2013	26,45	26,25	26,98	25,91	25,44	25,85	24,45	25,37	28,34	27,36	27,04	26,45
2014	25,70	25,58	26,63	27,76	26,52	24,84	24,12	27,34	29,34	28,69	27,39	26,38
2015	26,79	26,28	26,39	26,29	25,97	25,73	25,04	29,21	29,99	28,94	28,23	28,14
2016	26,50	28,00	26,74	28,22	25,18	23,04	25,59	26,52	26,10	27,52	26,38	26,29
2017	26,19	26,10	26,60	26,41	26,63	24,50	24,56	28,36	30,02	28,33	27,85	26,12
2018	26,91	26,23	26,74	26,32	25,45	23,05	24,48	25,14	27,92	27,59	27,00	26,85
2019	26,61	26,96	27,13	26,05	24,83	25,61	23,48		31,53	29,38	28,88	28,25
2020	29,24	28,01	29,11	28,07	24,89	26,35	26,63	28,92	31,62	31,19	30,13	29,08
2021	27,71	28,32	27,36	27,08	26,12	25,45	24,55	28,65	31,85	30,17	28,04	28,44
2022	28,07	27,68	29,78	29,46	24,68	24,15	27,28	26,66	29,08	28,69	27,88	28,42
2023	27,46	27,68	27,60	27,07	26,57	24,06	26,61	30,23	31,48	32,15	31,85	31,14

Destaca-se o ano de 2020, que apresenta picos intensos nas temperaturas, com valores de 29,24 °C em janeiro e 28,01 °C em fevereiro, com um verão mais intenso. Essa tendência de altas temperaturas se mantém em 2021 e 2022, o que pode indicar um aumento gradual nas médias térmicas anuais. Por outro lado, os meses de junho e julho, que ocorreram à



estação seca, registram as temperaturas mais baixas, como observadas em julho de 2020, com uma média de 24,06 °C.

É importante mencionar que algumas lacunas nos dados são notadas, como em 2010 e 2011, onde faltam registros de temperaturas para determinados meses. Essas ausências podem ser atribuídas a falhas na coleta de dados. Ao comparar os anos, observa-se que 2023 apresenta temperaturas consistentemente elevadas, com picos notáveis em setembro (31,48 °C) e outubro (32,15 °C), indicando um aumento possível nas temperaturas médias para esse período.

Em suma, uma análise das temperaturas mensais do bulbo seco em Cuiabá entre 2003 e 2023 revela uma variabilidade sazonal significativa, além de uma tendência de aumento nas temperaturas nos anos recentes. A aplicação de métodos estatísticos avançados pode aprofundar a interpretação desses dados, contribuindo para análises mais precisas e informadas sobre as condições climáticas futuras na região.

Gráfico de Temperaturas mensais Bulbo Seco 2003 a 2023

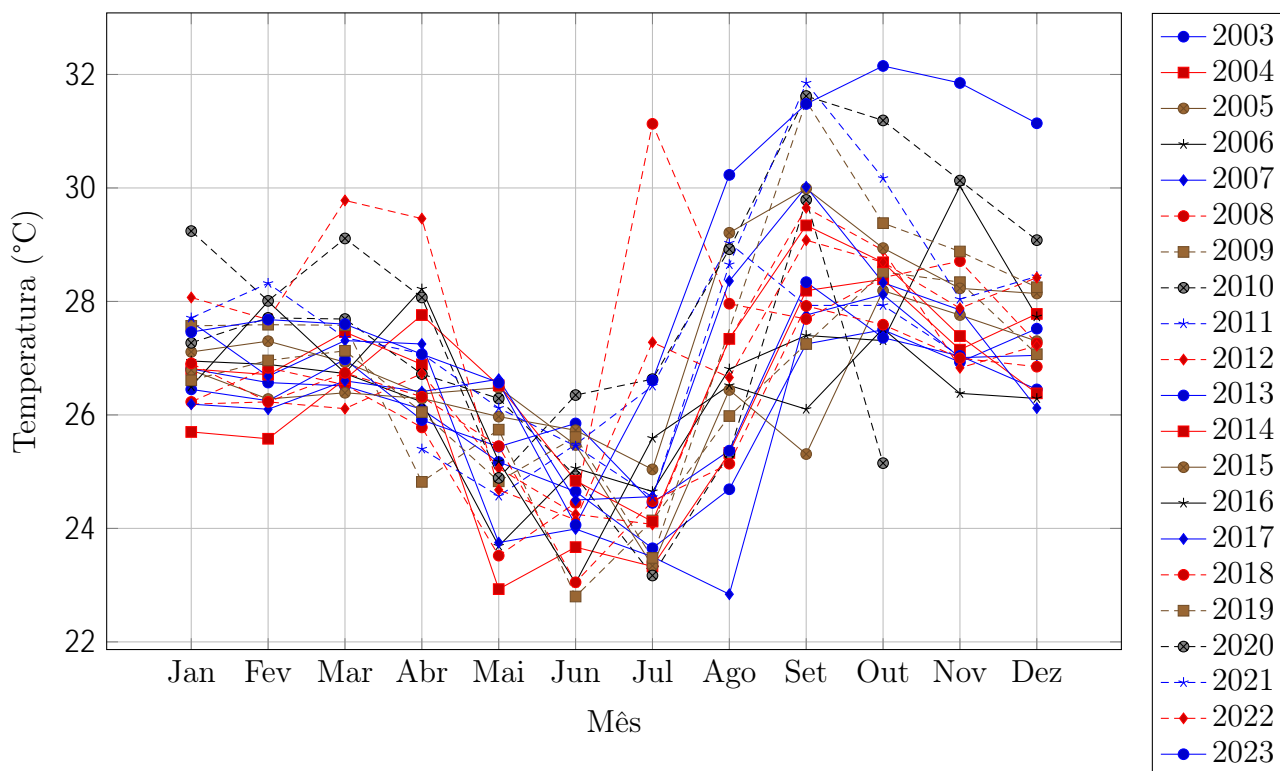


Figura 4.10: Gráfico Temperaturas Bulbo Seco Mensais de 2003 a 2023

Uma análise dos gráficos das temperaturas mensais do bulbo seco em Cuiabá, entre 2003 e 2023, oferece uma perspectiva visual das flutuações térmicas ao longo dos anos. Com base nas representações gráficas, é possível observar tendências que podem não ser

tão evidentes em uma tabela de dados.

Primeiramente, o gráfico destaca claramente a sazonalidade das temperaturas. Os meses de janeiro e fevereiro apresentam consistentemente os valores mais altos, refletindo o calor intenso do verão. Em 2020, por exemplo, o gráfico mostra um pico significativo de 29,24 °C em janeiro, evidenciando um verão particularmente quente. Essa informação é mais visualmente impactante no gráfico do que na tabela, onde os números podem parecer mais isolados.

Além disso, o gráfico permite uma comparação visual imediata entre os anos. É possível perceber rapidamente como as temperaturas variam mês a mês, facilitando a identificação de padrões, como a tendência de aumento nas temperaturas ao longo dos anos, especialmente nos últimos períodos aplicados. Em 2023, o gráfico mostra picos notáveis em setembro e outubro, atingindo 31,48 °C e 32,15 °C, respectivamente. Essa tendência de aquecimento se torna evidente de forma mais intuitiva na representação gráfica.

Por outro lado, a tabela fornece uma visão detalhada e precisa dos dados numéricos, permitindo análises mais profundas, como a média anual ou a identificação de lacunas nos dados ao longo do tempo. A tabela também é útil para identificar valores específicos, como as temperaturas mínimas e máximas em cada mês.

Em resumo, embora a tabela seja útil para uma análise minuciosa e detalhada, o gráfico oferece uma representação visual que facilita a identificação de padrões e tendências. Juntas, essas duas ferramentas de análise pesquisaram uma compreensão mais abrangente das temperaturas mensais do bulbo seco em Cuiabá, permitindo uma análise mais rica e informativa sobre as mudanças climáticas na região.

## Valor Máximo Mensal Por Ano

Tabela 4.9: Máximas Temperaturas Mensais Bulbo seco por ano em graus Celsius de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	35,8	35,7	34,9	35,6	35,4	34,1	35,5	37,4	38,9	37,2	37,7	35,4
2004	34,0	35,0	35,1	35,0	34,7	33,7	34,7	37,5	39,4	39,6	36,2	36,4
2005	35,2	36,0	35,9	35,9	34,9	35,3	35,6	38,4	38,3	38,0	36,9	34,8
2006	36,5	34,8	34,1	34,8	34,4	34,4	36,4	38,2	37,3	37,2	37,2	35,0
2007	35,6	35,7	36,4	35,7	35,1	34,8	35,1	35,5	39,5	39,2	35,7	34,2
2008	34,6	34,5	33,7	35,0	34,3	33,7		38,8	40,4	40,4	38,7	36,4
2009	37,2	35,6	36,3	35,6	34,9	34,0	35,7	37,9	40,0	38,4	36,7	35,1
2010	35,9	36,3	37,0	36,8	35,9	36,2	35,9	40,0	41,4	36,9		
2011				34,2	35,2	36,3	38,9	38,8	37,9	37,0	35,1	
2012	34,0	35,4	34,8	34,4	33,0	33,1	35,0	36,8	39,8	39,3	37,1	35,8
2013	34,7	34,5	35,8	34,2	34,7	34,3	35,4	37,9	39,2	37,4	35,6	35,1
2014	34,2	34,6	33,2	34,2	33,1	33,4	34,8	37,6	38,6	39,4	35,7	34,9
2015	37,2	34,5	33,7	33,5	33,9	34,0	36,0	39,7	40,4	40,1	38,1	36,4
2016	36,0	35,2	35,2	36,4	35,1	35,1	36,9	38,2	38,5	38,4	35,6	35,1
2017	35,0	34,0	35,6	34,6	33,9	34,1	35,3	38,9	39,2	38,5	35,7	33,6
2018	35,5	33,4	35,3	35,6	34,6	33,7	35,4	38,2	39,4	35,9	35,3	34,9
2019	35,1	35,3	34,7	34,9	34,4	34,2	34,0		40,9	38,9	37,3	37,1
2020	37,0	35,9	37,0	36,8	34,7	35,5	36,7	40,5	41,6	43,2	39,0	38,0
2021	38,9	36,8	35,2	34,9	35,6	36,9	36,8	39,8	41,9	39,7	36,1	35,9
2022	36,6	35,0	34,9	36,2	36,0	35,5	36,8	38,5	39,7	38,1	38,4	36,5
2023	35,5	36,1	35,8	35,4	35,3	35,5	37,5	39,7	41,4	43,2	40,7	41,5

A tabela fornece detalhes sobre as temperaturas máximas mensais do bulbo seco em Cuiabá, em graus Celsius, entre os anos de 2003 e 2023. Essa visualização permite uma análise aprofundada das flutuações de temperatura ao longo dos anos e das variações sazonais.

Um dos pontos mais notáveis é que o ano de 2020 se destaca com temperaturas extremas, como 43,2 °C em outubro, um dos valores mais altos da série, indicando um verão particularmente intenso. As temperaturas máximas de janeiro e fevereiro frequentemente se mostram elevadas, refletindo o calor característico do verão. Por exemplo, em janeiro de 2021, a máxima foi de 38,9 °C, enquanto em 2022, o pico foi de 36,6 °C, mostrando uma continuidade nas altas temperaturas durante esses meses.

Nos meses de junho e julho, que passaram à estação seca, observa-se uma tendência de temperaturas máximas mais amenas, mas ainda assim, em 2016, julho registrou 36,9 °C, demonstrando que o calor pode ser mesmo significativo durante essa estação. Além disso, a tabela revela algumas lacunas nos dados, especialmente em 2008 e 2010, onde faltam registros para determinados meses. Essas ausências podem impactar a interpretação das tendências climáticas.

Ao analisar os últimos anos, verifica-se uma tendência de aumento nas temperaturas máximas, com 2023 alcançando um padrão elevado e alcançando 43,2 °C em outubro. Essa elevação nas temperaturas médias é preocupante e sugere a necessidade de um monitoramento contínuo das condições climáticas na região.

Em suma, uma análise das temperaturas máximas mensais do bulbo seco em Cuiabá entre 2003 e 2023 revela variações sérias e padrões sazonais consistentes. Compreender esses dados é crucial para avaliar as dinâmicas climáticas locais e suas implicações para a agricultura e a gestão de recursos hídricos. A aplicação de métodos estatísticos pode enriquecer a interpretação dos dados, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada das mudanças climáticas na região.

Gráfico Máximas Temperaturas Mensais Bulbo Seco de 2003 a 2023

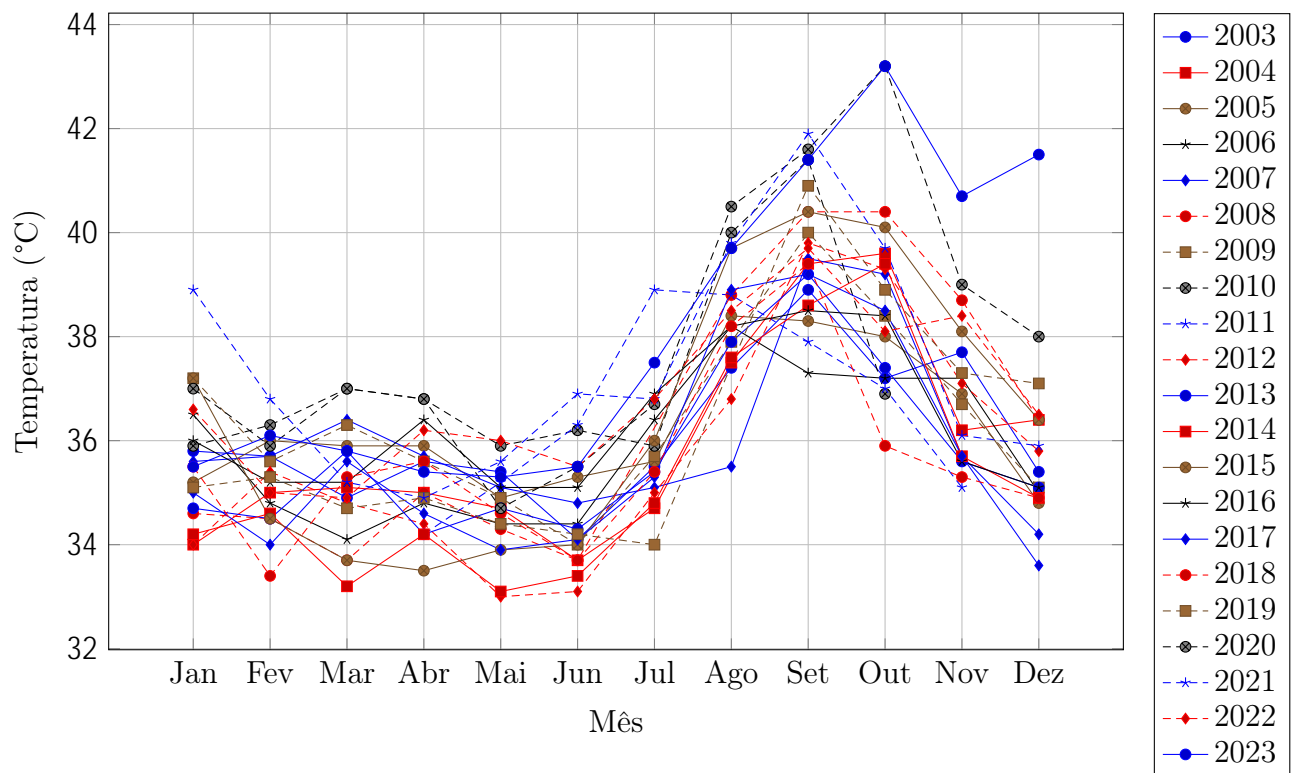


Figura 4.11: Gráfico Máximas Temperaturas Mensais Bulbo Seco de 2003 a 2023

A análise do gráfico das temperaturas máximas mensais do bulbo seco em Cuiabá, de 2003 a 2023, oferece uma perspectiva distinta em comparação à tabela. Enquanto a tabela fornece valores exatos e permite uma análise detalhada, os gráficos facilitam a visualização das tendências e padrões ao longo do tempo.

No gráfico, é possível não notar rapidamente a sazonalidade das temperaturas. Os meses de janeiro e fevereiro apresentam frequentemente picos, com temperaturas que superam os 38 °C, refletindo o calor intenso do verão. Em contrapartida, os meses de junho e julho tendem a apresentar temperaturas mais baixas, embora ainda possam ser bastante quentes, como evidenciado pelos valores que, em alguns anos, se aproximam dos 35 °C.

Uma característica interessante que se destaca no gráfico é a comparação visual entre os anos. Por exemplo, a curva de 2020 mostra um aumento notável nas temperaturas, especialmente em outubro, onde se atinge o recorde de 43,2 °C. Essa elevação é mais visualmente impactante do que na tabela, onde os números podem ser mais difíceis de comparar diretamente.

Além disso, o gráfico revela a variabilidade interanual de forma mais clara. A diferença entre os anos em termos de comportamento térmico fica evidente, permitindo identificar rapidamente anos que se destacam, como 2021, que também apresenta temperaturas elevadas. O uso de núcleos e linhas diferentes para cada ano torna a análise mais intuitiva e acessível.

Por fim, a representação gráfica também destaca a presença de lacunas nos dados, como em 2008 e 2010, onde a ausência de valores pode ser observada rapidamente, diminuindo anos com dados incompletos. Isso é importante para a interpretação das tendências climáticas e a realização de análises mais precisas.

Em resumo, o gráfico das máximas de temperaturas mensais fornece uma visão dinâmica e intuitiva das variações de temperatura em Cuiabá, permitindo uma compreensão mais clara das tendências climáticas ao longo do tempo, além de facilitar a comparação entre anos e meses, aspectos que podem ser menos evidentes em uma tabela de dados.

### 4.6.3 Temperatura Ponto de Orvalho

#### Valor Mínimo Mensal Por Ano

Tabela 4.10: Valores Mínimos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	20,1	16,3	18,9	12,7	9,2	8,4	4,0	2,9	6,7	11,9	11,5	19,1
2004	20,6	16,5	14,9	18,5	12,3	10,0	6,3	5,0	4,6	7,3	15,7	13,2
2005	20,4	15,5	18,7	12,2	14,5	9,7	6,2	1,7	6,8	14,9	18,6	18,6
2006	17,9	17,8	20,2	14,5	8,8	10,0	5,8	1,5	2,3	17,4	11,2	18,5
2007	19,2	19,1	15,6	16,1	8,7	6,1	3,9	4,1	3,9	7,8	15,5	18,7
2008	9,6	17,8	18,6	15,3	10,0	9,3		3,4	2,6	7,7	15,8	10,1
2009	11,0	18,3	18,3	6,9	14,1	6,9	8,6	5,5	11,2	14,5	18,0	18,1
2010	18,9	17,4	18,4	12,3	9,1	7,6	1,5	1,6	2,9	17,0		
2011					7,7	6,4	4,0	1,4	12,2	11,5	14,6	9,6
2012	18,8	16,0	15,8	17,9	11,6	9,4	3,3	3,6	0,9	13,8	16,1	17,2
2013	18,5	18,4	15,3	13,4	11,4	15,2	1,4	-4,3	3,4	11,5	15,5	15,8
2014	17,5	17,0	19,2	15,9	11,5	11,8	6,7	6,0	6,2	10,3	12,9	16,0
2015	17,3	18,4	19,1	19,8	17,6	9,1	8,7	4,5	5,3	12,5	14,8	18,0
2016	17,4	18,6	16,9	17,9	13,3	5,7	2,3	3,1	6,6	8,6	14,4	18,1
2017	18,6	18,6	19,3	16,4	12,6	6,6	0,8	4,7	3,8	12,9	14,2	18,6
2018	17,4	19,1	19,6	14,8	9,1	7,9	7,3	3,6	1,7	17,4	19,3	16,0
2019	18,0	17,8	18,3	17,7	11,6	9,6	2,0		7,1	13,3	15,5	15,9
2020	16,6	17,0	13,8	12,8	8,9	6,3	3,0	0,4	-0,6	2,8	4,7	15,2
2021	13,7	11,8	13,4	13,0	8,2	-3,8	-3,9	1,6	2,9	12,4	16,7	17,1
2022	13,1	18,1	16,8	12,4	0,8	6,5	4,3	2,4	4,6	13,6	3,7	13,7
2023	12,8	14,9	16,3	12,6	7,9	6,5	3,8	4,9	7,1	8,5	5,6	5,9

A tabela apresentada fornece os valores mínimos mensais da temperatura do ponto de orvalho em Cuiabá, em graus Celsius, entre 2003 e 2023. Essa informação é essencial para entender as variações climáticas e a umidade relativa do ar na região ao longo dos anos.

Uma análise dessa tabela revela algumas tendências e características importantes. Primeiramente, é notável que os meses de inverno, como junho e julho, apresentam frequentemente os valores mais baixos, refletindo as condições mais secas e frias da estação. Por exemplo, em julho de 2021, a temperatura mínima do ponto de orvalho caiu para -3,9 °C, o que é indicativo de um ar extremamente seco.

Em contrapartida, os meses mais quentes, como janeiro e fevereiro, geralmente mostram valores mínimos mais altos, como em janeiro de 2003, que registraram 20,1 °C. Isso sugere que, durante o verão, a umidade tende a ser maior, resultando em temperaturas de ponto de orvalho mais elevadas.

Além disso, a tabela mostra algumas lacunas nos dados, especialmente em anos como 2008 e 2010, onde faltam registros em determinados meses. Essas ausências dificultam a identificação de tendências de longo prazo e a análise de eventos climáticos extremos.

Outro ponto interessante é a variação interanual nos valores mínimos. Por exemplo, em 2023, as temperaturas mínimas atingiram um nível que cai em comparação com anos anteriores, diminuindo possíveis mudanças nas condições climáticas. Em janeiro de 2023,

a mínima foi de 12,8 °C, mais baixa em relação a alguns anos anteriores, o que pode sugerir uma mudança nas condições adversas.

Em resumo, uma análise dos valores mínimos mensais da temperatura do ponto de orvalho em Cuiabá entre 2003 e 2023 revela padrões sazonais e variações interanuais que são cruciais para a compreensão do clima local.

Valores Mínimos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023

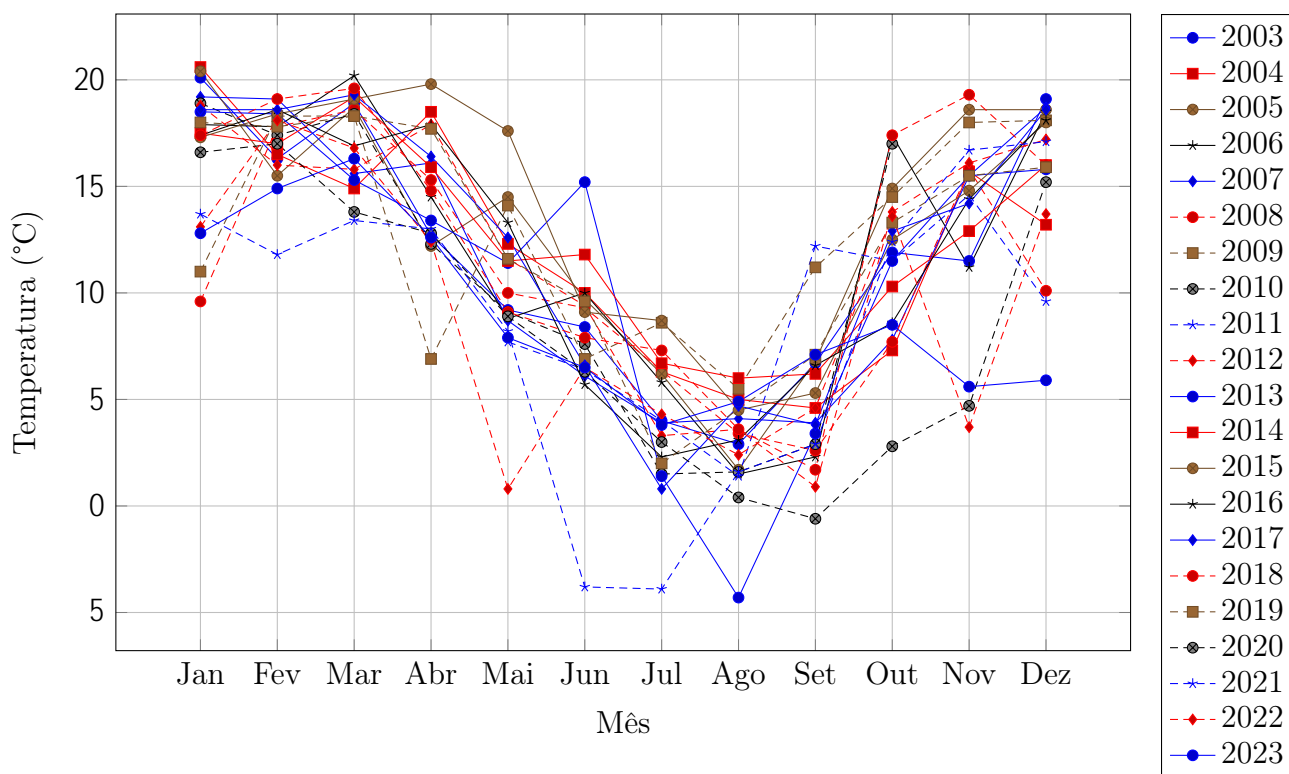


Figura 4.12: Valores Mínimos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023

O gráfico dos valores mínimos mensais da temperatura do ponto de orvalho em Cuiabá, de 2003 a 2023, oferece uma visão dinâmica das flutuações climáticas na região. Ao contrário da tabela, que apresenta os dados de forma estática, o gráfico permite uma análise visual mais intuitiva e imediata das tendências ao longo dos anos.

Uma das primeiras observações é a clara sazonalidade das temperaturas, com os meses de junho e julho mostrando frequentemente os valores mais baixos. Isso é especialmente evidente em 2021, quando a temperatura mínima atingiu -3,9 °C em julho, um dado que destaca a aridez do ar durante o inverno. Por outro lado, meses como janeiro e fevereiro apresentam temperaturas mínimas mais elevadas, refletindo a maior umidade presente no verão.

Além disso, os gráficos facilitam a comparação entre diferentes anos. Por exemplo, é possível notar a queda acentuada nas temperaturas mínimas em 2021, que se destaca em relação a outros anos. Em contrapartida, o ano de 2020 também apresenta valores baixos em agosto, como  $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , indicando condições climáticas anômalas.

As lacunas de dados em alguns anos, como 2008 e 2010, são mais visíveis no gráfico, o que pode levar a interpretações limitadas sobre as tendências. Isso contrasta com a tabela, onde esses vazios podem passar despercebidos entre os números.

Por fim, ao comparar os dados mais recentes de 2023, observa-se uma tendência de aumento nas temperaturas mínimas, com janeiro registrando  $12,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Essas alterações indicam mudanças nas condições climáticas, refletindo a necessidade de um monitoramento contínuo e uma análise mais aprofundada das mudanças ambientais.

Assim, o gráfico não apenas complementa os dados apresentados na tabela, mas também fornece uma narrativa visual que torna mais fácil entender as complexidades das condições climáticas em Cuiabá ao longo dos anos.

#### Valor Médio Mensal Por Ano

Tabela 4.11: Valores Médios Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ ) de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	22,84	22,05	22,40	21,16	18,93	17,40	14,29	12,89	16,94	20,58	20,88	22,33
2004	22,87	22,47	22,24	22,16	18,78	16,42	15,99	14,40	15,52	20,06	21,33	21,69
2005	22,76	22,28	22,70	21,18	19,53	17,58	13,81	12,38	16,07	20,93	21,77	21,84
2006	22,21	22,56	22,88	22,04	17,23	17,24	15,30	14,40	18,49	22,03	19,55	22,24
2007	22,78	22,77	22,04	22,00	17,69	16,46	14,66	13,43	13,38	19,56	21,46	21,73
2008	21,95	21,51	21,99	21,01	18,01	17,16	8,33	14,74	14,41	19,52	21,08	21,55
2009	20,78	22,21	22,61	19,02	20,16	17,32	16,78	15,72	18,40	20,80	21,94	22,17
2010	22,40	22,70	22,93	20,63	19,78	16,21	13,35	11,29	14,56	20,01		
2011					16,62	15,46	13,24	10,32	16,48	19,41	20,01	21,13
2012	21,48	21,16	21,14	21,52	18,93	17,75	14,38	10,53	12,99	19,37	21,74	21,55
2013	22,30	21,74	22,05	20,66	18,84	19,36	13,63	8,46	14,29	19,88	21,12	21,80
2014	21,23	21,58	22,05	21,58	19,37	18,14	15,87	14,01	17,88	19,26	20,80	21,70
2015	20,40	21,20	21,41	21,70	20,21	16,53	15,39	11,37	15,09	18,63	20,75	20,75
2016	22,54	21,97	22,16	22,23	19,78	16,38	11,57	13,26	15,55	18,94	20,94	21,40
2017	21,35	21,77	22,03	21,44	20,95	15,62	10,15	13,56	11,84	19,45	20,90	21,97
2018	21,53	22,03	22,35	20,92	17,67	15,30	13,06	13,32	14,65	21,08	22,06	21,05
2019	21,32	21,72	21,86	21,98	19,36	16,06	11,59		16,83	18,89	20,39	21,21
2020	21,34	21,96	20,77	19,91	16,80	16,26	12,04	9,97	11,55	17,30	17,88	20,23
2021	20,84	20,28	20,52	19,62	16,45	14,73	7,55	9,16	14,94	18,77	20,78	21,57
2022	20,94	21,32	21,15	18,85	14,21	16,05	12,36	11,35	15,29	19,28	15,07	20,21
2023	20,94	21,32	21,15	18,85	14,21	16,05	12,36	11,35	15,29	19,28	15,07	20,21

Os dados da tabela sobre os valores médios mensais da temperatura do ponto de orvalho em Cuiabá, entre 2003 e 2023, revelam informações significativas sobre as condições climáticas na região. Os meses de janeiro e fevereiro geralmente apresentam as temperaturas médias mais altas, refletindo as características quentes do verão. Em



contraste, os meses de junho e julho frequentemente mostram as temperaturas mais baixas, indicando um ar mais seco e fresco.

Um aspecto notável é a queda acentuada nas temperaturas médias em 2021, especialmente em julho, quando a média atingiu apenas 7,55 °C. Essa anomalia pode indicar eventos climáticos extremos ou mudanças significativas nas condições atmosféricas. Apesar de algumas variações, as temperaturas médias em abril e maio tendem a ser consistentes ao longo dos anos, mostrando uma estabilidade sazonal.

A comparação dos dados de 2022 e 2023 revela que as temperaturas médias se mantiveram constantes, sugerindo uma possível estabilização nas condições climáticas ou a necessidade de mais dados para confirmar essa tendência. Além disso, a ausência de alguns dados em anos como 2010 e 2011 pode impactar a análise, mas esses vazios não comprometem a visão geral das tendências.

Assim, a tabela oferece uma perspectiva detalhada das flutuações mensais na temperatura do ponto de orvalho em Cuiabá, permitindo uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas climáticas e suas implicações para a agricultura e o planejamento urbano na região.

Valores Médios Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C)

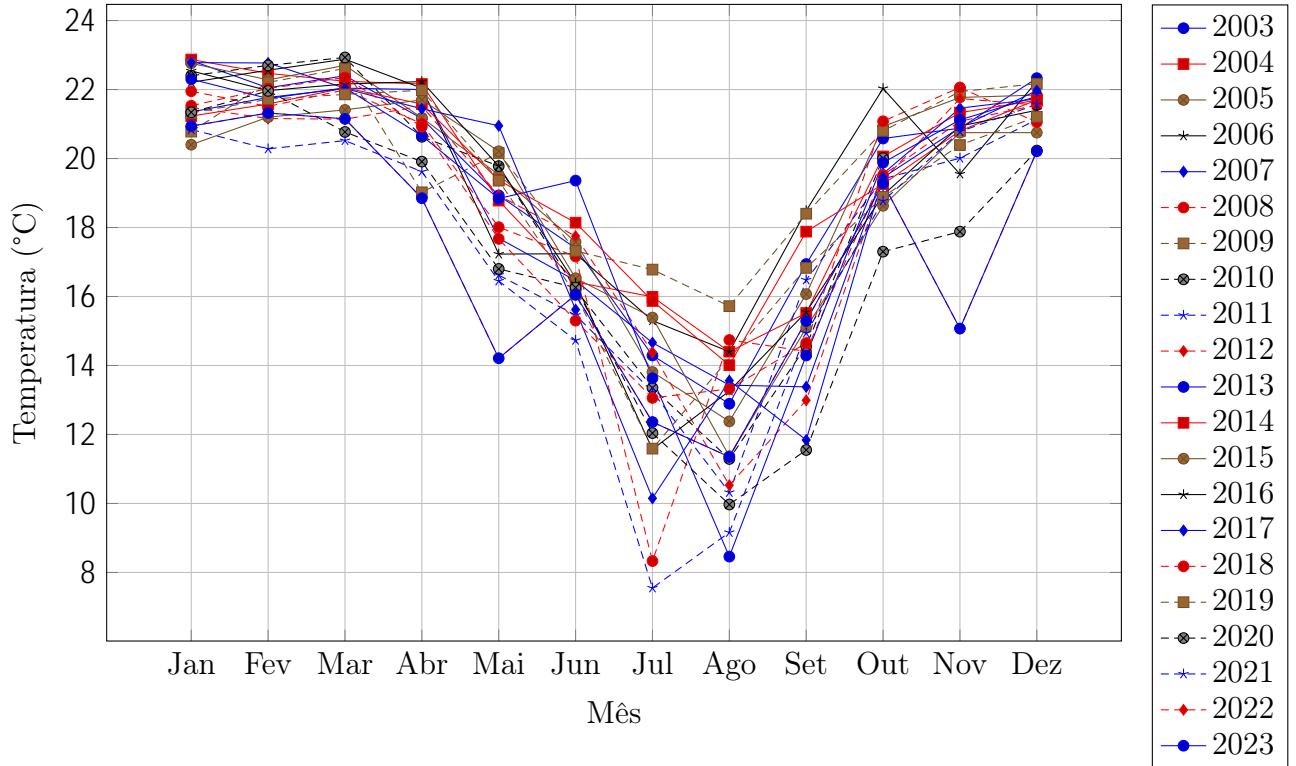


Figura 4.13: Valores Médios Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023

O gráfico apresentado na Figura 4.13 exibe os valores médios mensais da temperatura do ponto de orvalho, em graus Celsius, para o período de 2003 a 2023. É possível observar um comportamento cíclico ao longo dos anos, com variações sazonais bem definidas. Nos meses de verão, compreendidos entre janeiro e março, os valores da temperatura do ponto de orvalho atingem seus picos mais elevados, o que é consistente com o aumento da umidade relativa do ar durante essa época do ano. Por outro lado, nos meses de inverno, particularmente em julho e agosto, ocorre uma diminuição significativa nos valores de ponto de orvalho, sugerindo uma redução da umidade atmosférica característica da estação seca.

Notamos que, em alguns anos, como 2010 e 2016, os valores de ponto de orvalho nos meses de inverno apresentaram uma queda acentuada, atingindo valores consideravelmente mais baixos em relação à média dos outros anos. Esse comportamento pode indicar a ocorrência de eventos climáticos atípicos, como secas prolongadas, que afetaram a umidade do ar durante o período observado. Em contrapartida, anos como 2004 e 2013 mostraram uma maior estabilidade nos valores de ponto de orvalho ao longo do ano, o que sugere uma distribuição mais homogênea da umidade.

Além disso, é interessante observar que, ao longo do período analisado, há uma tendência de variação mais pronunciada nos meses de inverno, com valores de ponto de orvalho se distanciando mais da média. Esse comportamento pode estar relacionado à intensificação de eventos de seca ou mudanças nas características climáticas da região de Cuiabá, resultando em uma maior amplitude na variação da umidade relativa entre o verão e o inverno.

Finalmente, é relevante destacar a ausência de dados para alguns meses nos anos de 2010 e 2011, o que pode ter sido ocasionado por falhas nas medições ou indisponibilidade de informações meteorológicas. Essa lacuna de dados, entretanto, não compromete significativamente a análise geral, visto que o comportamento sazonal se mantém consistente com as observações feitas nos demais anos.

#### Valor Máximo Mensal Por Ano

Tabela 4.12: Valores Máximos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	24,9	24,5	24,7	24,6	23,2	22,5	19,9	21,1	23,3	24,7	24,8	24,8
2004	25,0	24,7	24,9	24,6	23,9	21,8	22,2	21,5	22,2	23,7	24,2	24,7
2005	24,8	25,1	25,0	24,8	22,6	21,4	21,0	21,9	22,3	24,4	24,4	25,1
2006	25,2	24,6	24,9	25,4	21,9	21,8	20,8	22,5	23,5	25,2	25,3	24,7
2007	25,2	25,6	24,3	24,8	23,9	21,5	22,2	20,0	21,4	23,7	24,1	23,9
2008	24,2	24,2	24,6	24,0	24,1	21,0		21,7	19,9	23,0	24,2	25,0
2009	24,7	24,7	25,7	24,0	23,4	22,1	22,6	21,7	22,9	24,5	24,7	24,4
2010	24,7	25,5	25,9	25,0	23,5	21,5	19,5	19,1	23,4	24,1		
2011					20,1	20,7	19,8	21,2	19,7	23,3	24,1	24,0
2012	24,1	24,8	23,7	23,6	22,8	22,2	20,2	18,9	22,4	23,6	24,8	23,8
2013	25,2	24,5	24,9	24,9	23,3	22,8	21,9	17,1	21,8	24,4	24,0	24,5
2014	23,3	24,2	24,0	24,4	23,2	23,0	21,1	20,0	22,2	23,1	24,4	24,4
2015	25,0	25,6	25,3	25,9	24,0	22,8	21,6	20,5	23,0	24,1	24,8	25,0
2016	25,6	24,5	25,0	24,9	23,7	23,3	19,0	22,1	21,1	23,4	24,5	23,8
2017	23,3	24,9	24,2	24,7	23,6	22,5	17,1	22,7	21,4	23,0	23,8	23,8
2018	24,1	24,8	24,6	24,2	23,2	21,7	18,4	19,8	22,2	23,6	24,7	24,1
2019	24,1	24,7	24,4	25,9	23,6	21,8	20,1		22,2	23,6	24,5	23,9
2020	24,2	25,1	24,0	24,0	22,0	21,4	19,5	18,5	20,1	22,9	22,6	23,6
2021	23,6	24,0	23,1	22,5	21,6	20,5	16,8	16,1	22,7	22,1	23,9	24,0
2022	23,9	24,8	23,5	22,7	21,1	21,2	18,3	20,9	22,0	22,9	22,4	23,3
2023	23,0	23,5	23,0	24,0	23,5	21,0	18,8	21,5	23,3	24,3	23,3	23,8

A tabela apresenta os valores máximos mensais da temperatura do ponto de orvalho em Cuiabá, de 2003 a 2023, e oferece uma visão abrangente das condições climáticas na região ao longo dos anos. Os dados mostram que, em geral, os meses de janeiro e fevereiro tendem a ter as temperaturas máximas mais altas, refletindo o calor intenso do verão.

Em 2003, por exemplo, janeiro registrou uma máxima de 24,9 °C, enquanto o mesmo mês em 2021 teve uma máxima de 23,6 °C, o que sugere uma leve diminuição nas

temperaturas máximas ao longo dos anos. É interessante notar que, em 2008, houve um dado ausente para julho, o que pode indicar condições especiais ou lacunas nos registros.

Os anos de 2015 e 2016 se destacam, com várias temperaturas máximas acima de 25 °C, indicando períodos de calor intenso. Por outro lado, em 2021, notamos uma tendência de temperaturas máximas mais baixas, especialmente em julho, que registrou apenas 16,8 °C. Isso pode refletir mudanças climáticas ou variações sazonais.

Os meses de junho e julho, em particular, mostram uma queda nas temperaturas máximas, o que é típico para essa época do ano. Já os meses de outubro e novembro frequentemente apresentam temperaturas mais amenas, com máximas em torno de 24 °C, o que é consistente com a transição para a estação chuvosa.

Valores Máximos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023

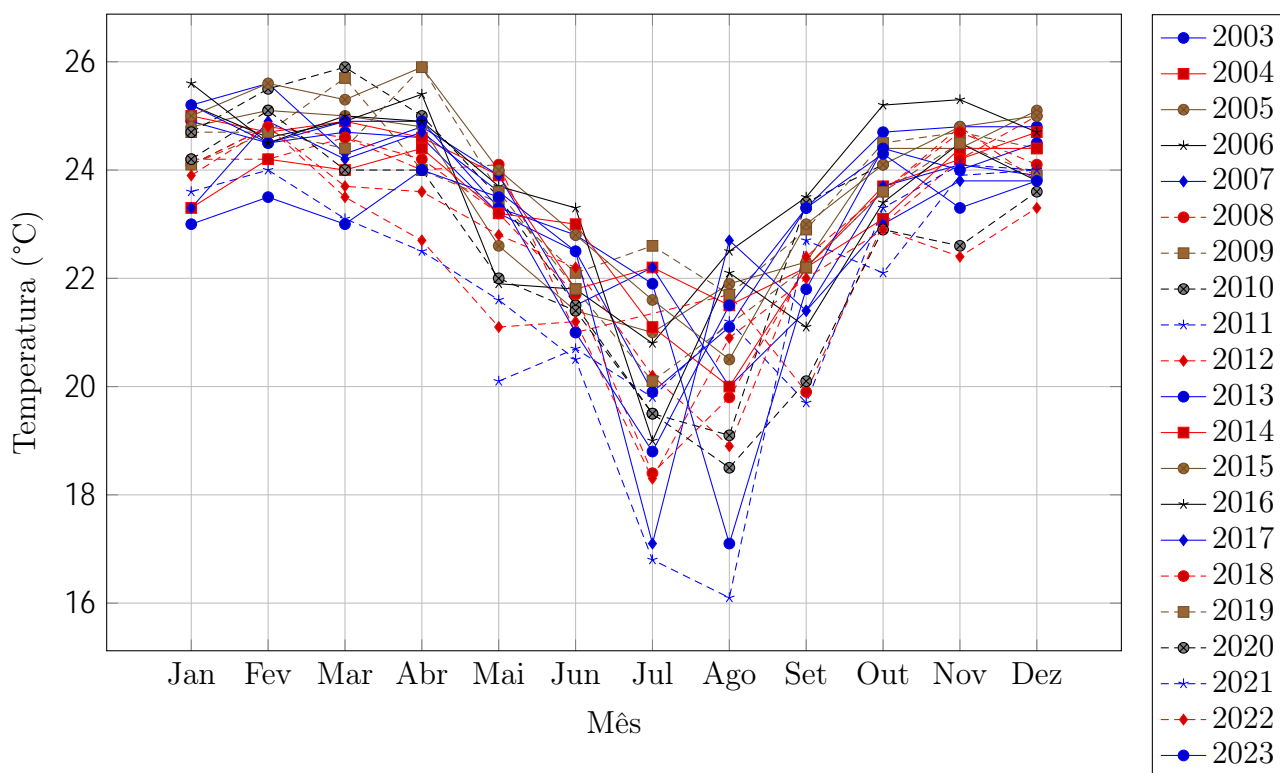


Figura 4.14: Valores Máximos Mensais de Temperatura Ponto de Orvalho (°C) de 2003 a 2023

O Gráfico 4.14 ilustra a variação dos valores máximos mensais da temperatura do ponto de orvalho ao longo do período de 2003 a 2023. Cada linha no gráfico representa um ano, possibilitando a análise de tendências sazonais e variações interanuais. O eixo horizontal corresponde aos meses do ano, enquanto o eixo vertical exibe os valores de temperatura, em graus Celsius

Essa visualização facilita a identificação dos períodos de maior umidade, típicos dos meses de verão, e da queda da temperatura do ponto de orvalho durante o inverno, especialmente em anos com maior amplitude, como 2021. Além disso, são evidentes as lacunas nos dados, como em 2008, 2010 e 2019, devido à ausência de registros. Apesar dessas inconsistências, o gráfico oferece uma visão clara das flutuações da umidade ao longo dos anos, contribuindo para a análise climática de longo prazo na cidade de Cuiabá

#### 4.6.4 Umidade Relativa

##### Valor Mínimo Mensal Por Ano

Tabela 4.13: Valores Mínimos Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	42	38	41	34	24	23	16	13	19	29	23	39
2004	50	40	36	42	37	26	21	14	13	15	34	28
2005	46	33	43	35	31	23	19	13	22	30	38	40
2006	37	39	50	31	22	23	20	13	20	38	23	41
2007	43	39	31	34	21	19	19	15	13	15	34	41
2008	24	44	43	42	25	24	17	13	13	15	29	25
2009	27	39	38	28	33	27	22	16	20	29	37	40
2010	37	34	34	27	21	19	13	11	10	36		
2011					25	20	15	11	22	24	28	24
2012	43	32	32	41	29	26	18	15	10	22	29	38
2013	41	40	41	36	30	33	14	13	15	27	31	33
2014	42	38	45	40	28	31	19	16	17	20	28	34
2015	30	41	46	46	35	22	18	14	12	19	21	35
2016	34	40	41	37	31	18	13	14	16	18	35	40
2017	40	40	41	40	28	22	14	14	12	22	30	42
2018	38	44	40	33	26	21	20	13	10	35	42	34
2019	42	37	38	42	27	24	21		14	23	29	31
2020	31	36	27	30	21	20	13	8	8	9	14	28
2021	25	26	28	30	19	17	12	11	9	21	33	34
2022	29	43	44	29	19	21	15	12	13	27	15	33
2023	23	23,5	23	24	23,5	21	18,8	21,5	23,3	24,3	23,3	23,8

A tabela apresenta os valores mínimos mensais de umidade relativa em porcentagem em Cuiabá, de 2003 a 2023. Esses dados são essenciais para entender as variações climáticas e as condições atmosféricas da região ao longo dos anos.

Os dados mostram que os meses de julho e agosto frequentemente apresentam os níveis mais baixos de umidade, com valores que podem cair para 8% em 2020 e 11% em 2021. Isso indica um período de ar mais seco, característico da estação seca na região.

Em contrapartida, meses como janeiro e fevereiro costumam ter umidade relativa mais alta, refletindo as condições mais úmidas do verão. Por exemplo, em janeiro de 2004, a umidade mínima foi de 50%, enquanto em janeiro de 2023, o valor foi de 23

Nota-se também que alguns anos têm lacunas nos dados, como 2010 e 2011, o que pode dificultar a análise de tendências em períodos específicos. Apesar disso, é possível

observar uma certa variabilidade nos níveis de umidade, que podem ser influenciados por fatores climáticos sazonais.

Em anos recentes, como 2022 e 2023, os dados mostram uma tendência de umidade mínima variando entre 21% e 29%, o que sugere uma possível estabilização nas condições de umidade relativa na região.

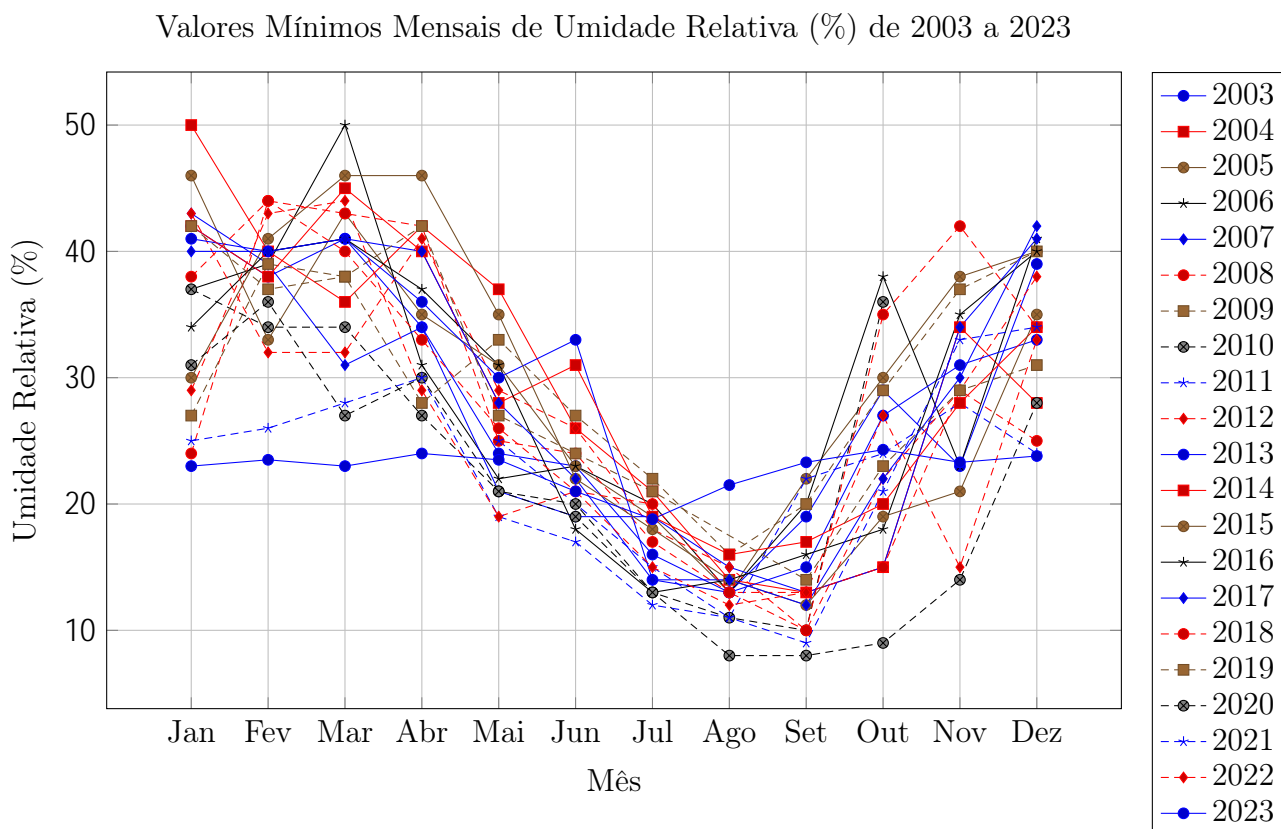


Figura 4.15: Valores Mínimos Mensais de Umidade Relativa (%) de 2003 a 2023

O gráfico acima apresenta a variação dos valores mínimos mensais de umidade relativa, expressos em porcentagem, ao longo de um período de 2003 a 2023. No eixo horizontal estão satisfeitos os meses do ano, enquanto o eixo vertical representa a umidade relativa mínima em porcentagem. Cada linha colorida corresponde a um ano, facilitando a visualização da evolução

Notam-se flutuações de umidade ao longo dos meses, com as mínimas geralmente ocorrendo nos meses de inverno, enquanto os valores tendem a ser mais altos no verão. É possível identificar também anos que apresentam padrões climáticos diferenciados, como 2008, que mostram uma variação menos acentuada entre os meses de inverno e verão

Um aspecto importante a ser apresentado são os dados ausentes, como no ano de 2010 nos meses de novembro e dezembro, e em 2019, durante o mês de agosto. A falta de

dados nesses períodos pode influenciar a interpretação dos padrões anuais. Além disso, é notável que, em alguns anos, como 2023, os mínimos de umidade não apresentam tanta variação ao longo dos meses, determinando um comportamento mais estável da umidade

Este gráfico desempenha um papel crucial na análise climática, especialmente para estudos que buscam compreender a dinâmica da umidade relativa em ambientes tropicais como Cuiabá.

#### Valor Médio Mensal Por Ano

Tabela 4.14: Valores Médios Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	80,06	77,82	79,56	76,74	71,80	68,79	61,97	52,58	58,16	68,36	71,98	74,92
2004	79,93	78,76	75,03	76,97	79,04	68,11	68,26	55,02	50,60	63,84	72,74	71,71
2005	78,11	76,18	79,01	75,44	68,98	65,95	59,18	46,54	60,00	67,12	71,59	73,48
2006	76,83	78,60	80,57	79,67	70,37	66,11	61,10	51,33	61,46	74,49	56,76	74,06
2007	76,21	80,49	75,31	75,21	72,15	67,76	62,44	61,35	46,26	63,43	73,52	74,19
2008	78,55	74,22	77,70	76,91	73,70	67,38	54,34	49,94	49,97	62,21	65,82	73,32
2009	69,62	74,23	76,21	73,36	74,23	74,55	68,09	58,69	61,77	65,51	70,14	76,09
2010	76,32	75,96	77,27	72,54	70,57	63,73	60,19	47,95	44,21	75,61		
2011					61,65	60,50	52,27	41,55	50,13	62,60	64,45	72,10
2012	76,47	75,40	75,77	74,78	71,27	69,95	58,95	37,66	41,02	59,04	75,63	72,61
2013	79,11	77,55	76,04	74,57	69,49	69,99	55,35	37,79	46,11	66,08	71,86	77,10
2014	77,83	79,95	77,44	70,25	66,62	68,74	65,39	48,62	53,74	59,91	69,92	76,89
2015	72,52	77,17	77,68	79,19	74,14	61,98	61,02	37,76	46,89	59,37	68,54	68,19
2016	80,23	71,60	77,26	71,73	74,00	69,48	46,07	49,53	56,75	62,75	73,88	75,91
2017	76,18	78,24	77,55	75,58	72,97	61,32	44,15	44,90	37,25	62,14	68,11	79,24
2018	74,10	78,90	78,32	74,34	64,98	65,83	53,22	52,43	49,52	69,72	75,86	72,32
2019	74,24	74,53	74,50	79,70	73,79	59,12	51,20		44,83	56,13	62,16	67,43
2020	64,08	71,18	62,96	63,32	64,01	57,57	44,06	34,93	33,34	47,78	51,22	61,22
2021	68,15	63,89	67,88	65,74	59,06	55,30	37,67	32,80	39,38	53,61	66,51	67,97
2022	66,99	69,72	60,81	55,41	55,74	64,50	43,78	43,48	47,06	59,40	49,88	62,96
2023	66,33	67,69	67,85	70,37	63,41	58,68	46,33	38,25	44,27	46,99	48,44	53,05

A tabela apresenta os valores médios mensais de umidade relativa em porcentagem em Cuiabá, de 2003 a 2023, fornecendo uma visão abrangente das condições climáticas da região ao longo dos anos. Os dados mostram que janeiro e fevereiro geralmente apresentam os níveis mais altos de umidade, variando entre 66% e 80%, o que é esperado devido à estação das chuvas, quando a umidade é naturalmente elevada. Em contrapartida, os meses de julho e agosto revelam uma queda significativa nos níveis de umidade, com médias entre 34% e 52%, refletindo a estação seca.

Observa-se também uma variação significativa de ano para ano. Por exemplo, em 2020, a umidade média de julho foi de 44,06%, enquanto em 2021 caiu para 37,67%. Nos anos recentes, como 2022 e 2023, os dados sugerem uma estabilização da umidade durante os meses secos, mas ainda com médias relativamente altas nos meses úmidos. É importante mencionar que alguns anos, como 2010 e 2011, apresentam lacunas nos dados, o que pode dificultar a análise de tendências.

Valores Médios Mensais de Umidade Relativa (2003 a 2023)

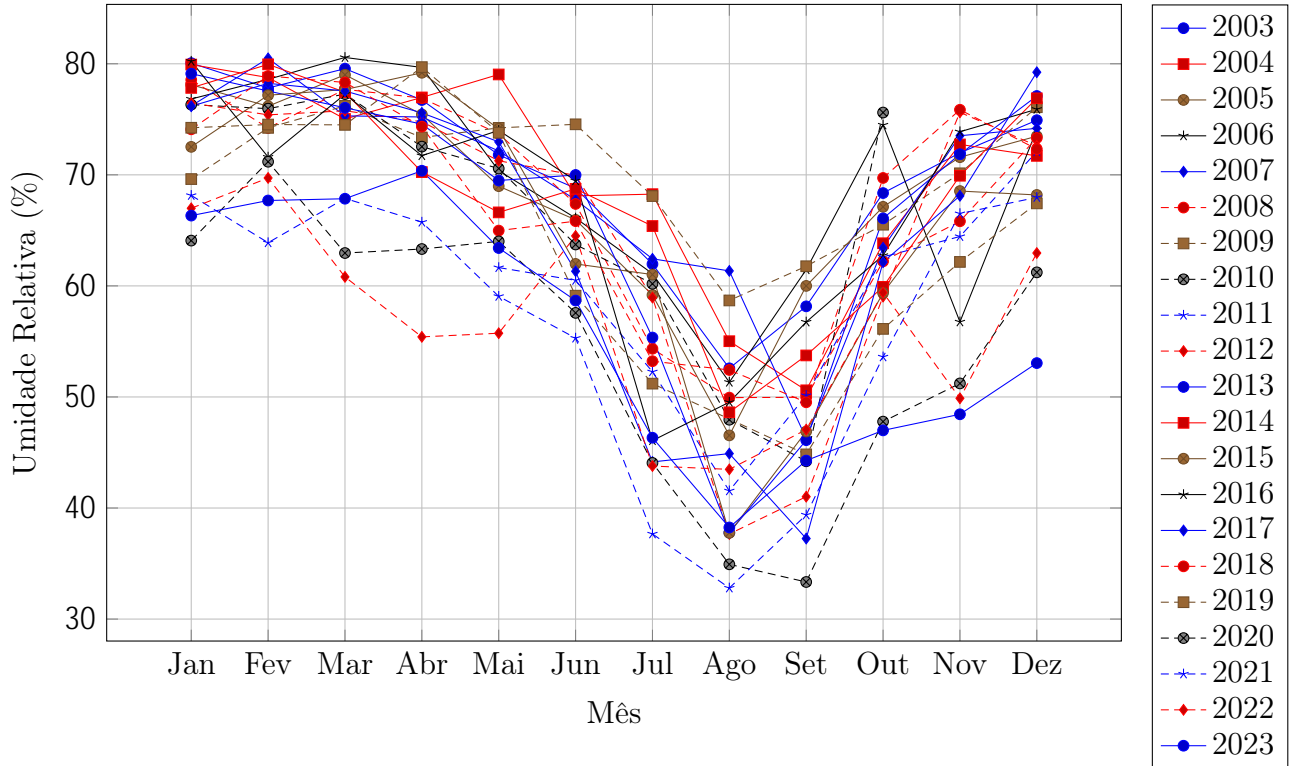


Figura 4.16: Valores Médios Mensais de Umidade Relativa (2003 a 2023)

O gráfico apresentado ilustra os valores médios mensais de umidade relativa no período de 2003 a 2023. A umidade relativa, medida em porcentagem (%), é um indicador importante para a análise climática.

Observa-se que os valores de umidade relativa apresentam variações significativas ao longo do ano e entre os diferentes anos. Os meses de janeiro e fevereiro frequentemente exibem os maiores índices de umidade, refletindo as condições climáticas típicas do início do ano, enquanto os meses de agosto e setembro tendem a apresentar os valores mais baixos, possivelmente devido à influência de fatores sazonais e climáticos regionais.

Além disso, a análise temporal revela tendências interessantes, como a oscilação nos valores médios de umidade em anos específicos. Por exemplo, em 2010 e 2011, os dados mostram uma queda acentuada nos índices de umidade relativa, o que pode estar associado a eventos climáticos extremos ou a variações naturais do clima.



## Valor Máximo Mensal Por Ano

Tabela 4.15: Valores Máximos Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	95	96	96	96	96	96	96	91	95	94	95	95
2004	95	95	95	96	96	96	97	95	93	96	94	94
2005	94	95	96	95	95	96	95	90	94	93	94	94
2006	94	95	95	95	95	95	96	94	92	94	90	95
2007	96	97	97	96	97	97	97	94	79	95	95	94
2008	95	94	95	95	95	94	95	96	98	95	95	96
2009	96	96	95	97	97	97	95	96	95	96	93	95
2010	95	96	96	96	95	95	96	93	92	96		
2011					95	99	96	93	85	96	96	96
2012	95	95	95	96	96	96	94	93	91	93	94	94
2013	95	95	95	96	96	96	94	93	91	93	94	94
2014	95	94	95	95	95	95	94	76	93	93	94	94
2015	94	95	95	95	94	95	95	91	93	94	94	95
2016	95	95	94	95	94	94	95	87	93	93	94	93
2017	94	94	94	93	94	95	92	94	94	94	94	93
2018	94	94	94	94	94	93	92	93	83	93	93	93
2019	93	94	93	94	94	94	93	91	93	93	93	93
2020	90	91	91	92	91	91		90	77	90	89	88
2021	91	90	90	91	91	89	75	73	84	91	91	91
2022	90	89	91	89	89	91	84	89	90	89	89	89
2023	90	90	89	90	90	91	86	76	89	86	87	89

A tabela apresentada documenta os valores máximos mensais de umidade relativa, expressos em porcentagem, durante o período de 2003 a 2023. Este tipo de dado é crucial para a compreensão das condições climáticas em uma determinada região, uma vez que a umidade relativa influencia diretamente a percepção de conforto térmico, a saúde ambiental e a agricultura. A tabela está organizada em colunas, onde cada linha representa um ano e cada coluna representa os meses de janeiro a dezembro. Os dados revelam variações notáveis na umidade relativa ao longo dos anos e entre os meses. Os meses de janeiro e fevereiro frequentemente apresentam os maiores índices de umidade, com valores que chegam a 97% em 2007, consistente com padrões climáticos típicos, onde as chuvas são mais frequentes no início do ano. Por outro lado, notam-se quedas acentuadas em alguns anos; por exemplo, em 2020, a umidade em julho é significativamente mais baixa, com um valor ausente, o que pode indicar condições climáticas anômalas. Além disso, é importante observar que alguns meses têm dados ausentes, como em 2010 e 2011, o que pode afetar a análise temporal e deve ser considerado ao interpretar as tendências gerais da umidade relativa. A tabela fornece uma base sólida para análises climáticas mais aprofundadas, permitindo a comparação dos dados ao longo dos anos para identificar tendências e padrões que podem estar relacionados a fenômenos climáticos mais amplos. Esses insights são valiosos para a formulação de estratégias de adaptação em diversas áreas, como agricultura, saúde pública e planejamento urbano. Recomenda-se, em futuras análises, investigar a correlação entre a umidade relativa e outras variáveis climáticas, bem como explorar os impactos de eventos climáticos extremos sobre os padrões observados.

Valores Máximos Mensais de Umidade Relativa (2003 a 2023)

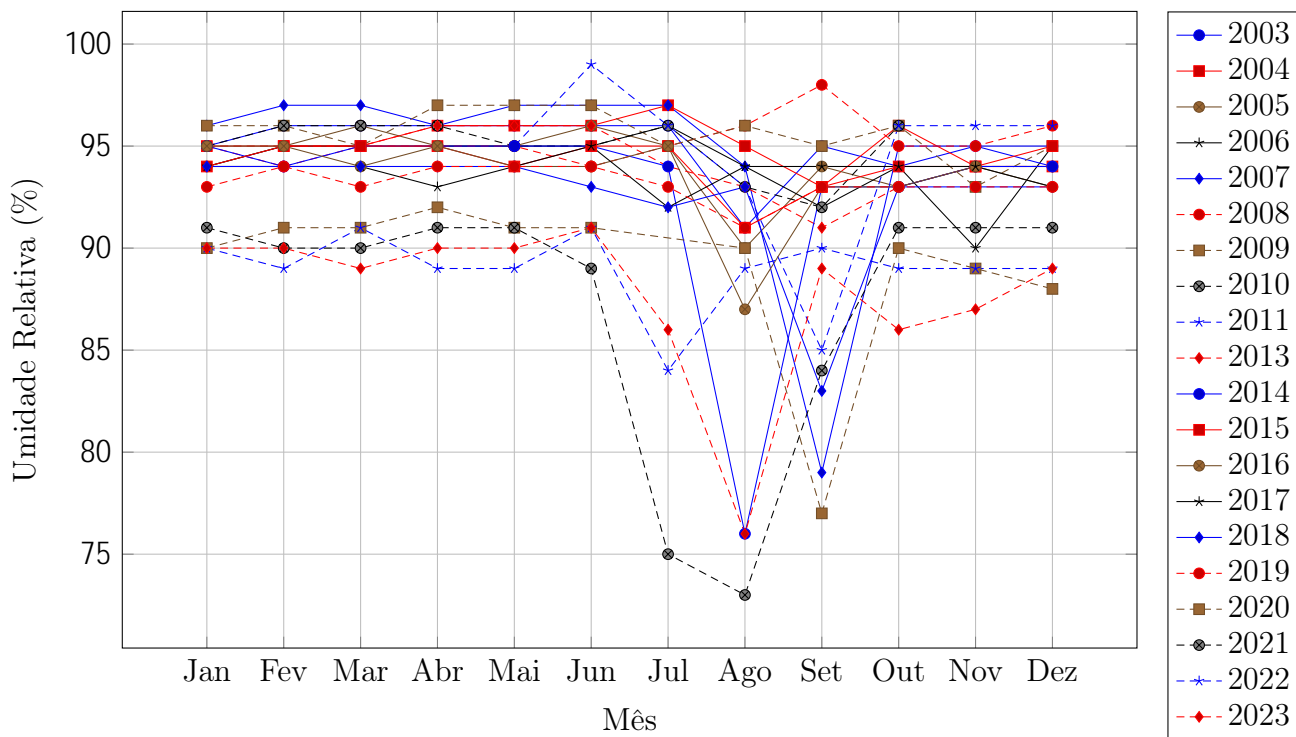


Figura 4.17: Valores Máximos Mensais de Umidade Relativa (2003 a 2023)

O gráfico apresentado ilustra os valores máximos mensais de umidade relativa, expressos em porcentagem, para o período de 2003 a 2023. Cada linha colorida representa um ano específico, permitindo a comparação visual das flutuações na umidade relativa ao longo dos meses.

Os dados revelam variações significativas na umidade relativa ao longo do tempo. Os meses de janeiro e fevereiro geralmente apresentam os índices mais altos, com várias observações próximas a 97% em 2007. Essa tendência é consistente com padrões climáticos típicos, onde a umidade é mais elevada durante a estação chuvosa.

Em contrapartida, alguns meses, como agosto e setembro, mostram valores mais baixos, refletindo possíveis mudanças nas condições climáticas. Além disso, a análise revela dados ausentes em anos específicos, como 2010 e 2020, onde algumas medições não foram registradas. Isso pode impactar a análise temporal e deve ser considerado ao interpretar as tendências gerais.

# Estudo de Funções com dados climáticos

A tabela a seguir contém os valores máximos mensais de umidade relativa em porcentagem de 2003 a 2023.

Tabela 5.1: Valores Máximos Mensais de Umidade relativa em porcentagem 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	95	96	96	96	96	96	96	91	95	94	95	95
2004	95	95	95	96	96	96	97	95	93	96	94	94
2005	94	95	96	95	95	96	95	90	94	93	94	94
2006	94	95	95	95	95	95	96	94	92	94	90	95
2007	96	97	97	96	97	97	97	94	79	95	95	94
2008	95	94	95	95	95	94	95	96	98	95	95	96
2009	96	96	95	97	97	97	95	96	95	96	93	95
2010	95	96	96	96	95	95	96	93	92	96		
2011					95	99	96	93	85	96	96	96
2012	95	95	95	96	96	96	94	93	91	93	94	94
2013	95	95	95	96	96	96	94	93	91	93	94	94
2014	95	94	95	95	95	95	94	76	93	93	94	94
2015	94	95	95	95	94	95	95	91	93	94	94	95
2016	95	95	94	95	94	94	95	87	93	93	94	93
2017	94	94	94	93	94	95	92	94	94	94	94	93
2018	94	94	94	94	94	93	92	93	83	93	93	93
2019	93	94	93	94	94	94	93	91	93	93	93	93
2020	90	91	91	92	91	91		90	77	90	89	88
2021	91	90	90	91	91	89	75	73	84	91	91	91
2022	90	89	91	89	89	91	84	89	90	89	89	89
2023	90	90	89	90	90	91	86	76	89	86	87	89

## Regressão Linear

Para realizar a regressão linear com os valores máximos mensais de umidade relativa, começamos organizando os dados anuais. Aqui está a média anual de umidade relativa

para cada ano de 2003 a 2023.

Os dados de média de umidade relativa por ano estão na tabela a seguir:

Ano	Média Máxima de Umidade Relativa (%)
2003	95.08
2004	95.00
2005	94.25
2006	94.42
2007	94.58
2008	95.00
2009	95.25
2010	94.75
2011	94.67
2012	94.42
2013	94.42
2014	93.92
2015	94.42
2016	94.00
2017	93.67
2018	92.92
2019	92.83
2020	89.75
2021	90.17
2022	89.00
2023	88.00

Tabela 5.2: Média Máxima de umidade relativa por ano.

## Regressão Linear - Média Máxima de Umidade Relativa (2003-2023)

### Equação da Regressão Linear

A equação da reta de regressão linear segue a fórmula:

$$y = ax + b$$

Onde:

- $y$  é a variável dependente (média máxima de umidade relativa).
- $x$  é a variável independente (ano).

- $a$  é o coeficiente angular (declividade da reta).
- $b$  é o coeficiente linear (intercepto).

## Fórmulas para os Coeficientes $a$ e $b$

Os coeficientes  $a$  (inclinação) e  $b$  (intercepto) são calculados com as seguintes fórmulas:

$$a = \frac{n \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2} - \frac{\sum x_i \sum y_i}{(\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum y_i}{n} - \frac{a \sum x_i}{n}$$

Onde:

- $n = 21$  (número de anos de 2003 a 2023).
- $x_i$  são os valores de  $x$  (anos).
- $y_i$  são os valores de  $y$  (média máxima de umidade relativa).
- $\sum x_i$  é a soma de todos os valores de  $x$ .
- $\sum y_i$  é a soma de todos os valores de  $y$ .
- $\sum x_i y_i$  é a soma do produto de  $x_i$  e  $y_i$ .
- $\sum x_i^2$  é a soma dos quadrados de  $x_i$ .

## Cálculos dos Somatórios

Calculamos os somatórios necessários:

$$\sum x_i = 2003 + 2004 + \dots + 2023 = 42273$$

$$\sum y_i = 95.08 + 95.00 + \dots + 88.00 = 1952.74$$

$$\sum x_i^2 = (2003)^2 + (2004)^2 + \dots + (2023)^2 = 850087899$$

$$\sum x_i y_i = (2003 \cdot 95.08) + (2004 \cdot 95.00) + \dots + (2023 \cdot 88.00) = 40711820.83$$

## Cálculo do Coeficiente Angular $a$

Substituímos os valores na fórmula para  $a$ :

$$a = \frac{21 \cdot 40711820.83 - 42273 \cdot 1952.74}{21 \cdot 850087899 - (42273)^2}$$
$$a = \frac{855368237.43 - 82564434.02}{17851845879 - 1786980529}$$
$$a = \frac{772803803.41}{1601485730} = 0.2865$$

## Cálculo do Coeficiente Linear $b$

Agora, com o valor de  $a$ , podemos calcular  $b$ :

$$b = \frac{1952.74 - (0.2865 \cdot 42273)}{21}$$
$$b = \frac{1952.74 + 12110.55}{21} = \frac{14063.29}{21} = 670.07$$

## Equação Final da Regressão Linear

A equação final da reta de regressão linear é:

$$y = 0.2865x + 670.07$$

## Interpretação dos Resultados

O coeficiente angular  $a = 0.2865$  indica que a cada ano, a média máxima de umidade relativa diminui em aproximadamente 0.2865 pontos percentuais.

O coeficiente linear  $b = 670.07$  representa o valor teórico de umidade relativa máxima para o ano  $x = 0$  (um valor que não tem um significado prático no contexto, mas matematicamente é o ponto onde a reta intercepta o eixo  $y$ ).

Essa equação pode ser usada para prever a média máxima de umidade relativa ao longo do tempo.

## Equação da Reta de Regressão

Portanto, a equação da reta de regressão linear é:

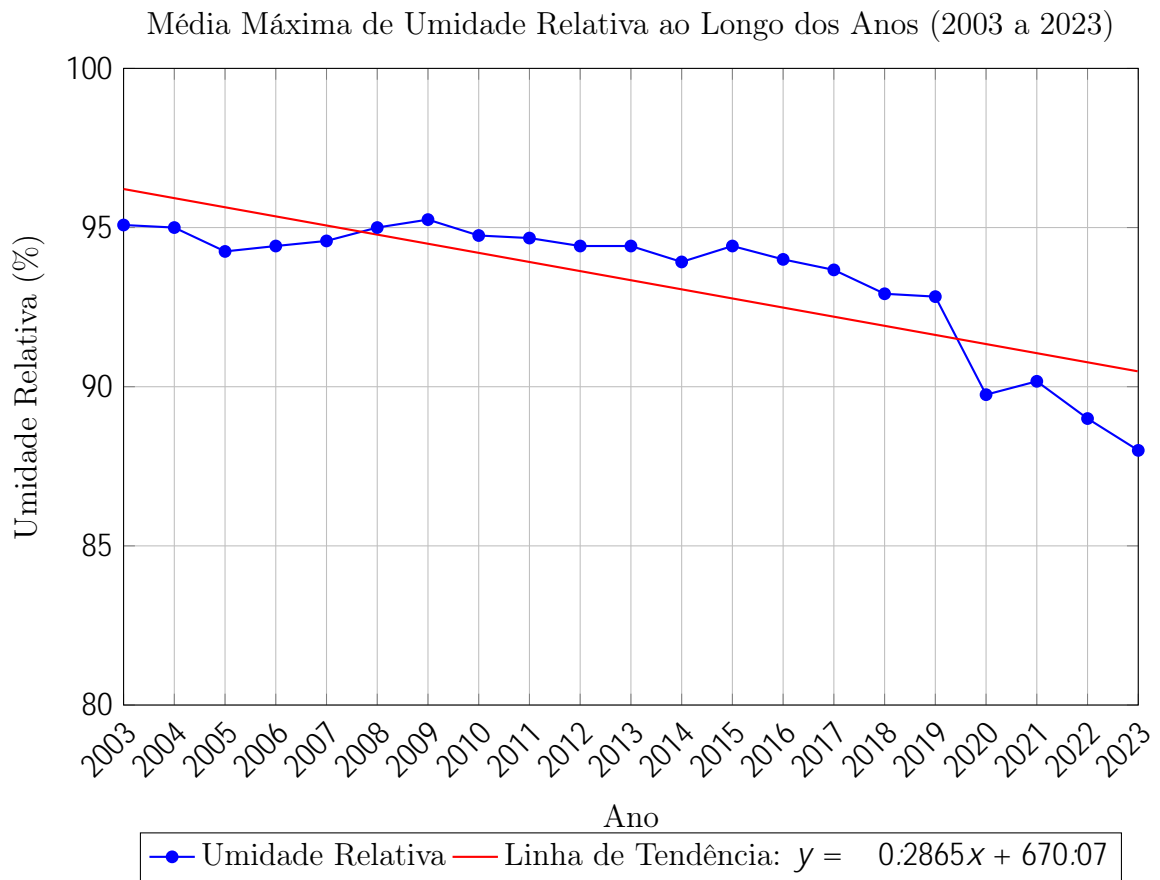


Figura 5.1: Gráfico da média de umidade relativa por ano com linha de tendência

$$y = 0.2865x + 670.07$$

Essa equação pode ser usada para prever a umidade relativa em anos futuros ou explicar a tendência dos dados.

### 5.0.1 Médias Máximas de umidade relativas Mensais

Os dados fornecidos para as médias mensais de umidade relativa máximas mensais são:

Mês	$x$	Média Máximas de Umidade Relativa Máxima ( $y$ )
Janeiro	1	94.90
Fevereiro	2	94.76
Março	3	94.90
Abril	4	94.81
Mai	5	94.48
Junho	6	94.71
Julho	7	94.21
Agosto	8	90.19
Setembro	9	90.19
Outubro	10	93.36
Novembro	11	93.29
Dezembro	12	93.29

Agora vamos calcular os valores:

$$\sum x = 1 + 2 + 3 + \dots + 12 = 78$$

$$\sum y = 94.90 + 94.76 + 94.90 + 94.81 + 94.48 + 94.71 + 94.21 + 90.19 + 90.19 + 93.36 + 93.29 + 93.29 = 1123.09$$

$$\sum xy = (1 \cdot 94.90) + (2 \cdot 94.76) + (3 \cdot 94.90) + \dots + (12 \cdot 93.29) = 7611.09$$

$$\sum x^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + 12^2 = 650$$

Agora substituímos os valores nas fórmulas para encontrar  $a$  e  $b$ :

$$a = \frac{12 \cdot 7611.09 - 78 \cdot 1123.09}{12 \cdot 650 - 78^2}$$

$$a = \frac{91333.08 - 87600.42}{7800 - 6084} = \frac{3732.66}{1716} = 0.2734$$

Agora para  $b$ :

$$b = \frac{1123.09 - (0.2734 \cdot 78)}{12} = \frac{1123.09 - 21.32}{12} = \frac{1144.41}{12} = 95.368$$



Portanto, a equação da reta que aproxima os dados é:

$$y = 0.2734 x + 95.368$$

Essa é a equação da regressão linear. Se precisar de mais ajustes, estou à disposição!

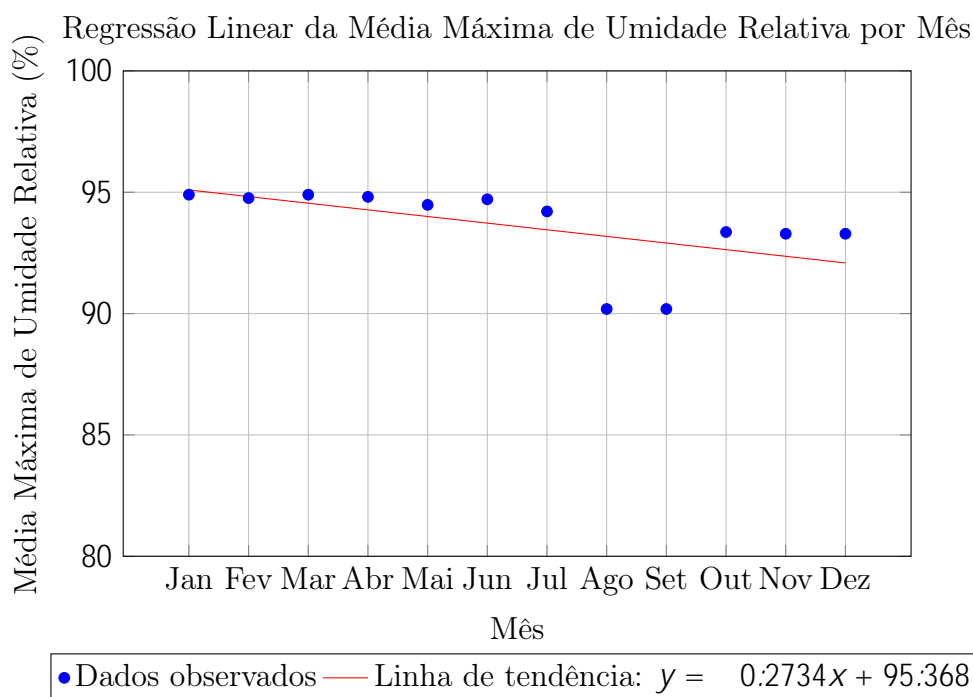


Figura 5.2: Regressão Linear da Média Máxima de Umidade Relativa por Mês

Como podemos observar esta função Afim não se encaixa muito bem ao nosso conjunto de dados, portanto vamos Aplicar uma regressão linear do 2° grau.

Para encontrar a regressão quadrática de um conjunto de dados, utilizamos a fórmula geral de uma função de segundo grau:

$$y = ax^2 + bx + c$$

Onde queremos determinar os coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$ . O cálculo desses coeficientes pode ser feito usando o método dos mínimos quadrados, ajustando a função para minimizar o erro quadrático entre os valores observados e os valores previstos. O sistema linear de equações é formado a partir das somas dos valores das variáveis.

Dado um conjunto de  $n$  pontos  $(x_i; y_i)$ , temos o seguinte sistema de equações para encontrar  $a$ ,  $b$  e  $c$ :

$$\sum y_i = a \sum x_i^2 + b \sum x_i + cn$$

$$\sum x_i y_i = a \sum x_i^3 + b \sum x_i^2 + c \sum x_i$$

$$\sum x_i^2 y_i = a \sum x_i^4 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^2$$

Vamos definir os termos necessários:

$$S_x = \sum x_i; \quad S_{x^2} = \sum x_i^2; \quad S_{x^3} = \sum x_i^3; \quad S_{x^4} = \sum x_i^4$$

$$S_y = \sum y_i; \quad S_{xy} = \sum x_i y_i; \quad S_{x^2 y} = \sum x_i^2 y_i$$

O sistema de equações a ser resolvido é:

$$S_y = a S_{x^2} + b S_x + c n$$

$$S_{xy} = a S_{x^3} + b S_{x^2} + c S_x$$

$$S_{x^2 y} = a S_{x^4} + b S_{x^3} + c S_{x^2}$$

Agora, vamos calcular esses valores com os dados fornecidos:

$$x_i = [1; 2; 3; \dots; 12]; \quad y_i = [94.90; 94.76; 94.90; \dots; 93.29]$$

Os cálculos detalhados para as somas são:

$$S_x = \sum x_i = 78$$

$$S_{x^2} = \sum x_i^2 = 650$$

$$S_{x^3} = \sum x_i^3 = 6500$$

$$S_{x^4} = \sum x_i^4 = 75850$$

$$S_y = \sum y_i = 1128.19$$

$$S_{xy} = \sum x_i y_i = 7712.18$$

$$S_{x^2 y} = \sum x_i^2 y_i = 63396.62$$

Agora, substituimos essas somas no sistema de equações:

$$1128.19 = a(650) + b(78) + c(12)$$

$$7712.18 = a(6500) + b(650) + c(78)$$

$$63396.62 = a(75850) + b(6500) + c(650)$$

Resolvendo esse sistema, encontramos os valores de  $a$ ,  $b$  e  $c$ , que são aproximadamente:

$$a \quad 0.0318; \quad b \quad 0.6868; \quad c \quad 96.33$$

Portanto, a equação final da regressão quadrática é:

$$y = 0.0318x^2 - 0.6868x + 96.33$$

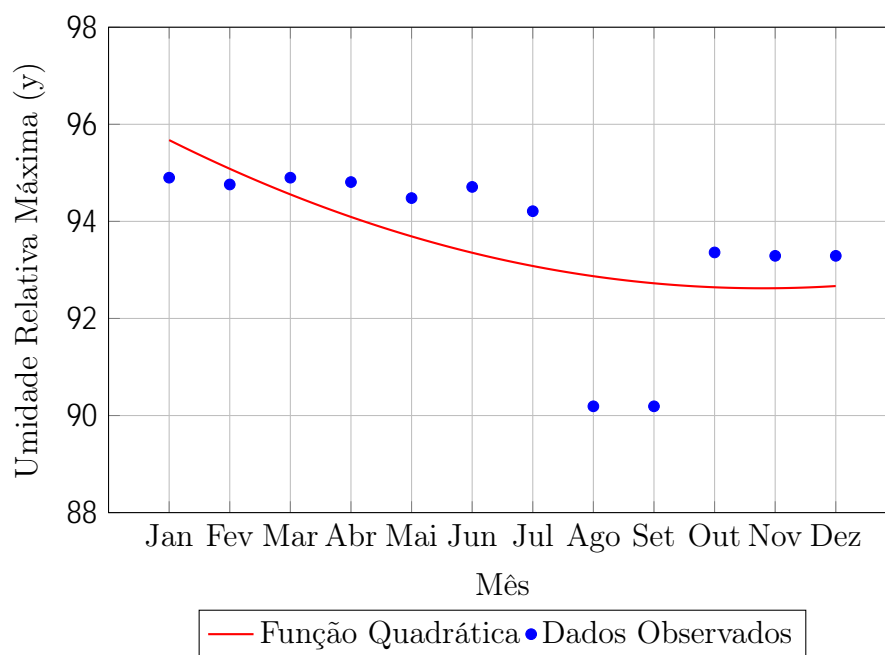


Figura 5.3: Gráfico da função quadrática ajustada e os pontos observados

## 5.0.2 Regressão Linear Para cada mês de todos os anos

Tabela 5.3: Máximas Temperaturas Mensais Bulbo seco por ano em graus Celsius de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	35,8	35,7	34,9	35,6	35,4	34,1	35,5	37,4	38,9	37,2	37,7	35,4
2004	34,0	35,0	35,1	35,0	34,7	33,7	34,7	37,5	39,4	39,6	36,2	36,4
2005	35,2	36,0	35,9	35,9	34,9	35,3	35,6	38,4	38,3	38,0	36,9	34,8
2006	36,5	34,8	34,1	34,8	34,4	34,4	36,4	38,2	37,3	37,2	37,2	35,0
2007	35,6	35,7	36,4	35,7	35,1	34,8	35,1	35,5	39,5	39,2	35,7	34,2
2008	34,6	34,5	33,7	35,0	34,3	33,7		38,8	40,4	40,4	38,7	36,4
2009	37,2	35,6	36,3	35,6	34,9	34,0	35,7	37,9	40,0	38,4	36,7	35,1
2010	35,9	36,3	37,0	36,8	35,9	36,2	35,9	40,0	41,4	36,9		
2011				34,2	35,2	36,3	38,9	38,8	37,9	37,0	35,1	
2012	34,0	35,4	34,8	34,4	33,0	33,1	35,0	36,8	39,8	39,3	37,1	35,8
2013	34,7	34,5	35,8	34,2	34,7	34,3	35,4	37,9	39,2	37,4	35,6	35,1
2014	34,2	34,6	33,2	34,2	33,1	33,4	34,8	37,6	38,6	39,4	35,7	34,9
2015	37,2	34,5	33,7	33,5	33,9	34,0	36,0	39,7	40,4	40,1	38,1	36,4
2016	36,0	35,2	35,2	36,4	35,1	35,1	36,9	38,2	38,5	38,4	35,6	35,1
2017	35,0	34,0	35,6	34,6	33,9	34,1	35,3	38,9	39,2	38,5	35,7	33,6
2018	35,5	33,4	35,3	35,6	34,6	33,7	35,4	38,2	39,4	35,9	35,3	34,9
2019	35,1	35,3	34,7	34,9	34,4	34,2	34,0		40,9	38,9	37,3	37,1
2020	37,0	35,9	37,0	36,8	34,7	35,5	36,7	40,5	41,6	43,2	39,0	38,0
2021	38,9	36,8	35,2	34,9	35,6	36,9	36,8	39,8	41,9	39,7	36,1	35,9
2022	36,6	35,0	34,9	36,2	36,0	35,5	36,8	38,5	39,7	38,1	38,4	36,5
2023	35,5	36,1	35,8	35,4	35,3	35,5	37,5	39,7	41,4	43,2	40,7	41,5

### Regressão Linear Mensal

As equações de regressão linear para cada mês, considerando os anos de 2003 a 2023, estão listadas abaixo. A equação geral é da forma:

$$y = a x + b$$

Onde  $x$  representa o ano (1 para 2003, 2 para 2004, e assim por diante),  $y$  é a temperatura máxima do bulbo seco,  $a$  é o coeficiente angular, e  $b$  é o intercepto.

Janeiro

$$y = 0.0648 x + 35.005$$

Fevereiro

$$y = 0.0023 x + 35.240$$

Março

$$y = 0.0089 x + 35.131$$

Abril

$$y = 0.0081 x + 35.135$$

Maio	$y = 0:0088 \ x + 34:622$
Junho	$y = 0:0518 \ x + 34:087$
Julho	$y = 0:0495 \ x + 35:363$
Agosto	$y = 0:1024 \ x + 37:319$
Setembro	$y = 0:1064 \ x + 38:530$
Outubro	$y = 0:1156 \ x + 37:586$
Novembro	$y = 0:0594 \ x + 36:278$
Dezembro	$y = 0:1235 \ x + 34:509$

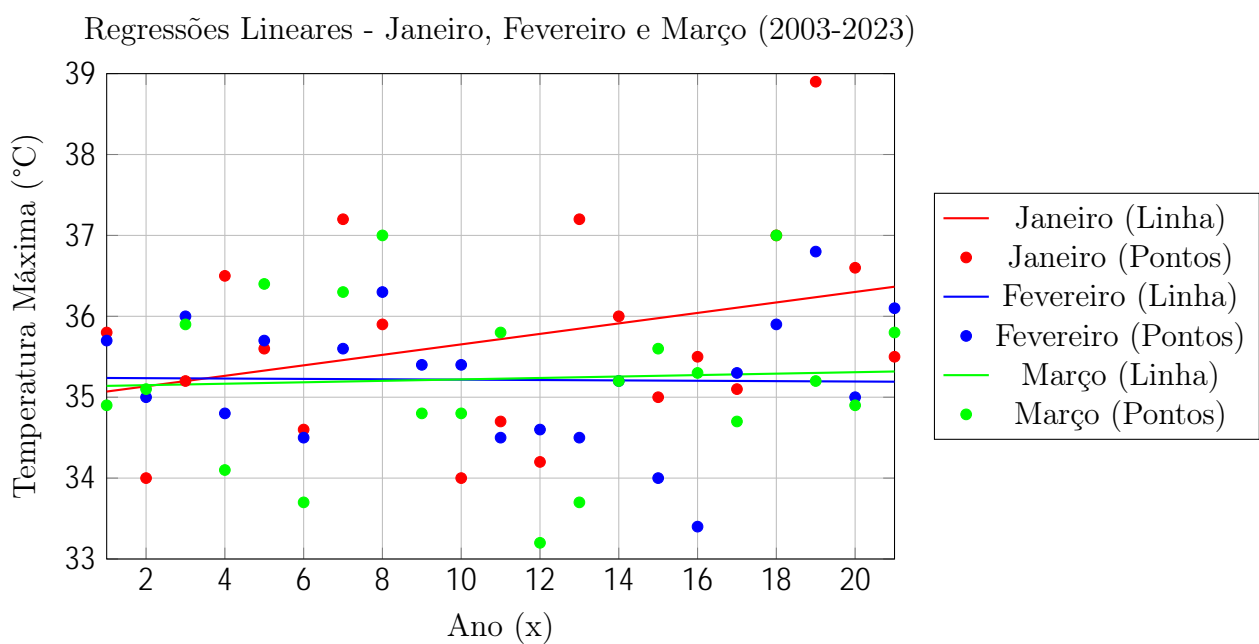


Figura 5.4: Regressões Lineares para Janeiro, Fevereiro e Março (2003-2023)

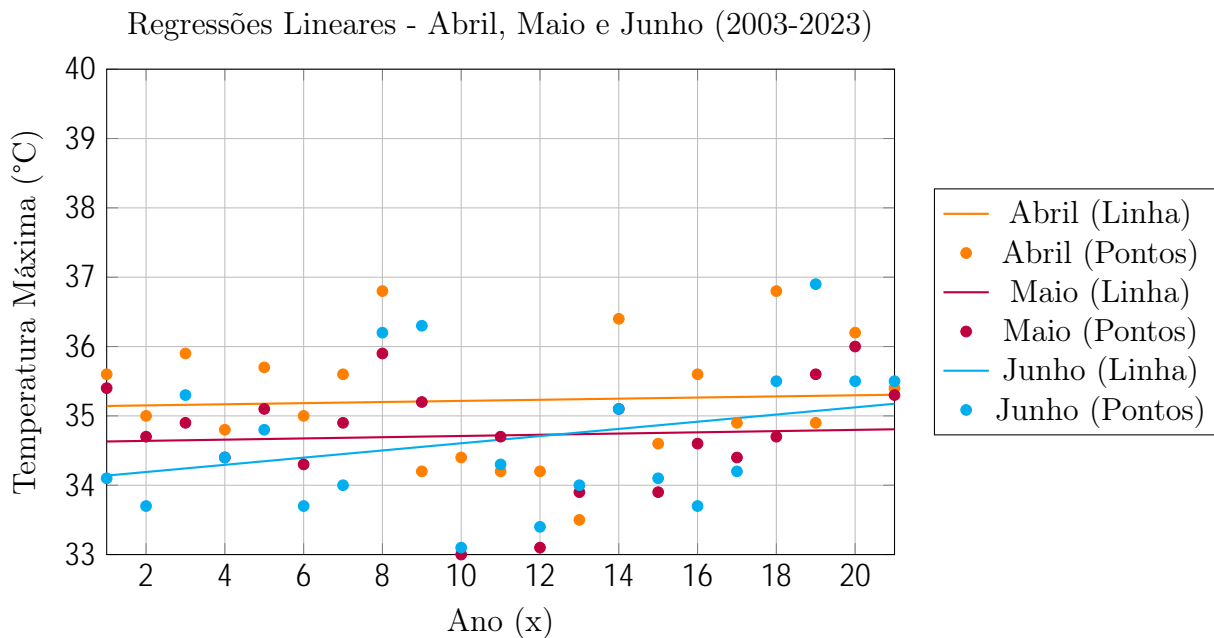


Figura 5.5: Regressões Lineares para Abril, Maio e Junho (2003-2023)

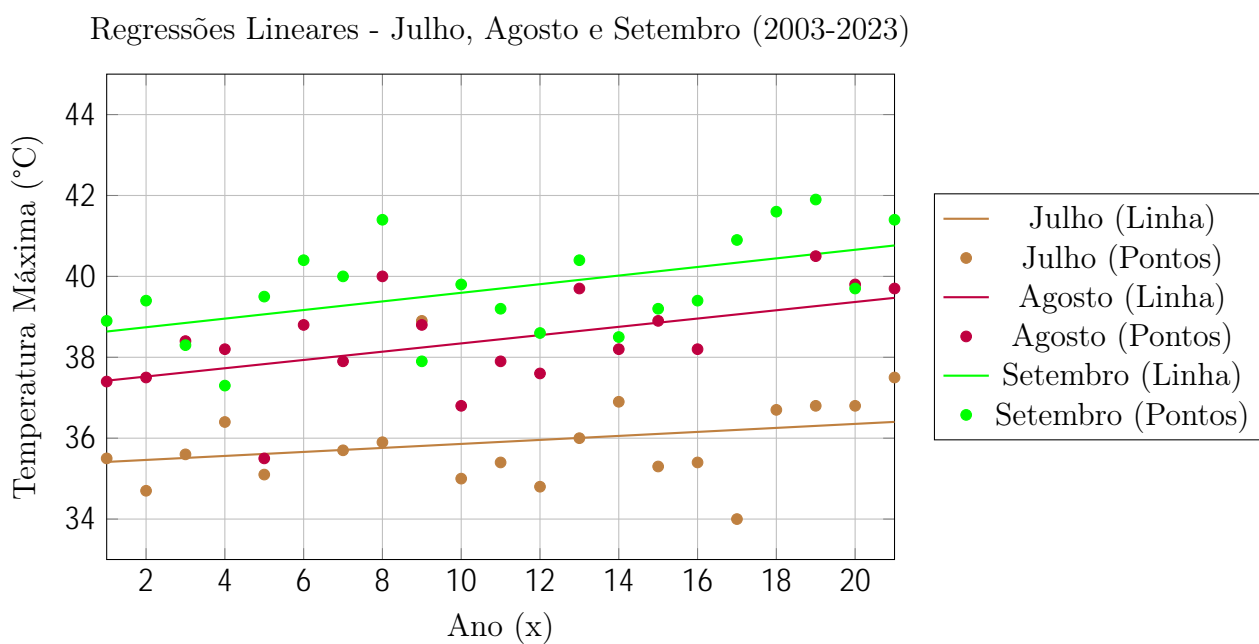


Figura 5.6: Regressões Lineares para Julho, Agosto e Setembro (2003-2023)

## Regressões Lineares - Outubro, Novembro e Dezembro (2003-2023)

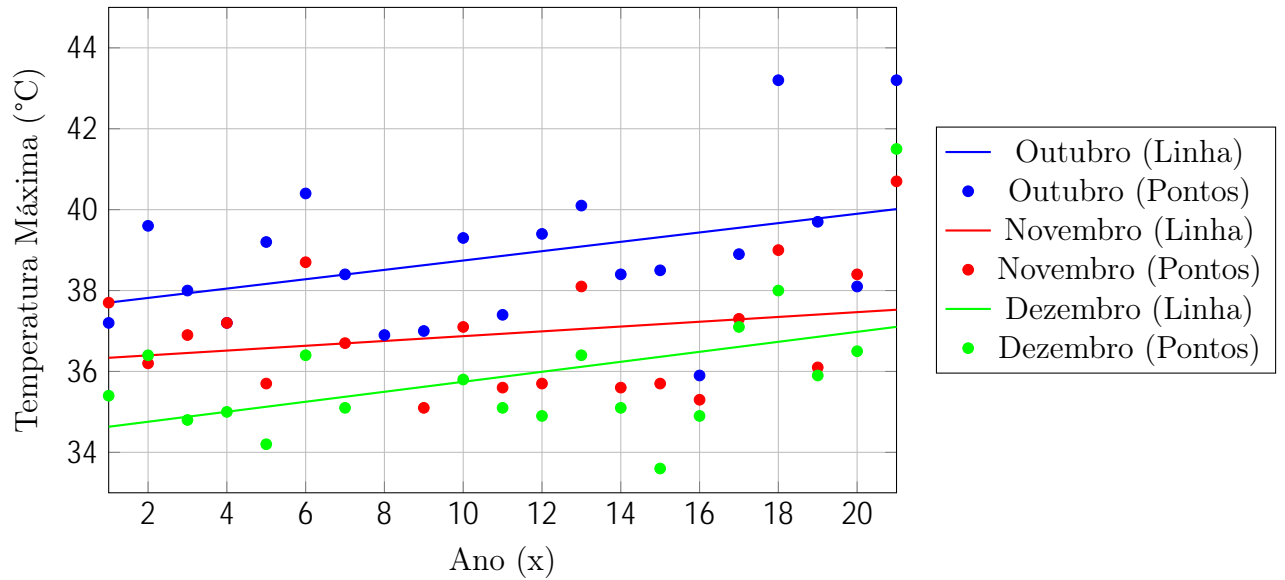


Figura 5.7: Regressões Lineares para Outubro, Novembro e Dezembro (2003-2023)

## 5.1 Regressão Linear em Precipitação

### 5.1.1 Quantidade de chuvas por hora

Para encontrar a regressão de segundo grau para o conjunto de dados fornecido, utilizamos o método dos mínimos quadrados para ajustar a equação da forma:

$$y = ax^2 + bx + c$$

Para ajustar uma equação de segundo grau, utilizamos um sistema de equações normais baseado na soma de quadrados. As fórmulas gerais são as seguintes:

$$\begin{aligned} S_{xx} &= \sum x^2; & S_{xxx} &= \sum x^3; & S_{xxxx} &= \sum x^4 \\ S_{xy} &= \sum xy; & S_{xxy} &= \sum x^2y; & S_y &= \sum y \\ S_x &= \sum x; & S_{x^2} &= \sum x^2 \end{aligned}$$

O sistema de equações normais será:

Tabela 5.4: Número de registros de chuvas por hora em Cuiabá de 2003 a 2023

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2003	51	60	97	58	19	1	0	0	1	3	36	35
2004	86	57	2	7	4	7	12	2	4	34	72	60
2005	78	52	70	37	3	6	0	2	33	33	32	58
2006	71	113	86	59	4	4	11	10	16	50	5	19
2007	62	99	43	42	8	3	19	8	1	55	72	65
2008	114	34	59	26	0	0	1	1	2	13	32	67
2009	44	39	41	22	29	20	14	14	31	25	58	94
2010	105	72	73	20	0	1	6	0	5	12		
2011					1	8	10	11	2	27	30	42
2012	55	66	71	24	57	37	4	0	17	20	77	47
2013	79	84	60	32	13	17	5	0	13	48	58	78
2014	88	112	70	20	11	15	31	0	19	38	71	72
2015	43	2	51	38	23	2	11	0	11	28	47	37
2016	119	18	66	20	5	4	0	41	10	56	67	71
2017	65	73	81	28	21	0	4	13	1	21	33	58
2018	58	88	58	41	13	8	2	6	29	41	81	62
2019	50	62	43	63	19	0	0	0	7	31	28	41
2020	41	76	26	15	34	0	0	5	3	32	22	38
2021	66	39	49	23	9	5	0	0	7	28	47	69
2022	70	56	7	11	1	33	0	16	16	41	25	44
2023	67	52	65	58	9	16	0	2	24	24	24	33

Tabela 5.5: Média Mensal de Registros de Chuvas por Hora em Cuiabá (2003-2023)

Mês	Média Mensal
Janeiro	70,60
Fevereiro	62,70
Março	55,90
Abril	32,20
Maio	13,48
Junho	8,19
Julho	5,24
Agosto	5,29
Setembro	12,57
Outubro	27,81
Novembro	48,38
Dezembro	49,62



$$\begin{aligned} n c + S_x b + S_{xx} a &= S_y \\ S_x c + S_{xx} b + S_{xxx} a &= S_{xy} \\ S_{xx} c + S_{xxx} b + S_{xxxx} a &= S_{xxy} \end{aligned}$$

Os valores de  $x$  são os meses representados numericamente: 1;2;3;...;12.

Os valores de  $y$  são as médias mensais dos registros de chuvas:

$$y = [70:60; 62:70; 55:90; 32:20; 13:48; 8:19; 5:24; 5:29; 12:57; 27:81; 48:38; 49:62]$$

Agora, calculamos as somas necessárias:

$$\begin{aligned} S_x &= 1 + 2 + 3 + \dots + 12 = 78 \\ S_{xx} &= 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + 12^2 = 650 \\ S_{xxx} &= 1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + 12^3 = 6500 \\ S_{xxxx} &= 1^4 + 2^4 + \dots + 12^4 = 91584 \\ S_y &= 70:60 + 62:70 + \dots + 49:62 = 392:38 \\ S_{xy} &= (1 \cdot 70:60) + (2 \cdot 62:70) + \dots + (12 \cdot 49:62) = 2331:29 \\ S_{xxy} &= (1^2 \cdot 70:60) + (2^2 \cdot 62:70) + \dots + (12^2 \cdot 49:62) = 18005:67 \end{aligned}$$

Agora podemos montar o sistema de equações:

$$\begin{aligned} 12c + 78b + 650a &= 392:38 \\ 78c + 650b + 6500a &= 2331:29 \\ 650c + 6500b + 91584a &= 18005:67 \end{aligned}$$

Resolvendo o sistema, obtemos os valores dos coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$ :

$$a = 1.9224; \quad b = 27:3758; \quad c = 106:4773$$

A equação final da regressão de segundo grau é:

$$y = 1.9224 x^2 + 27:3758 x + 106:4773$$

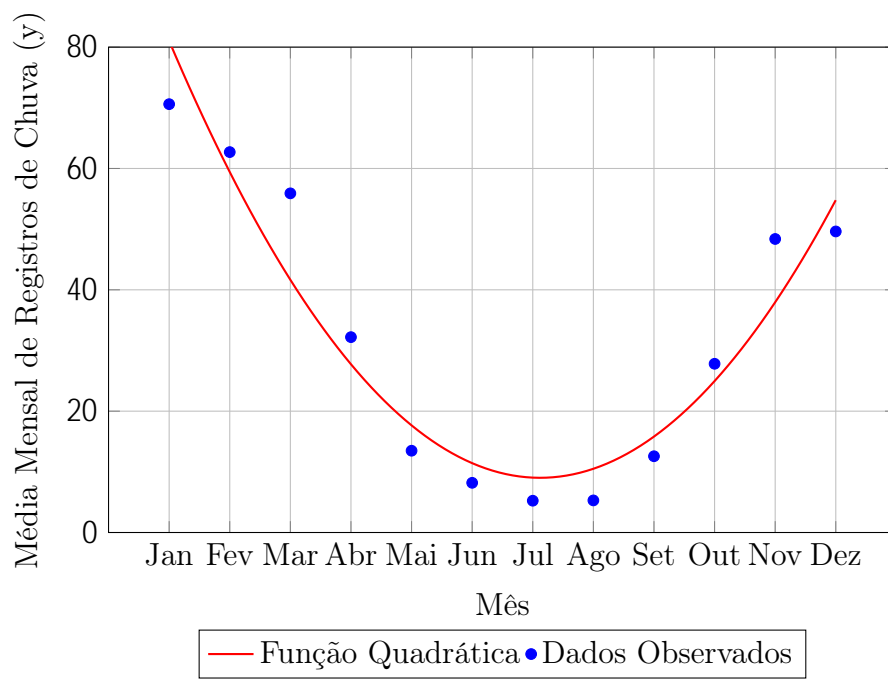


Figura 5.8: Gráfico da função quadrática ajustada e os pontos observados

## Plano de Ensino

Título	Ensino de Funções utilizando dados de Variações Climáticas
Objetivo Geral	Ensinar conceitos de funções matemáticas aplicadas ao estudo de fenômenos climáticos, desenvolvendo habilidades de modelagem matemática e interpretação de gráficos e dados.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compreender o conceito de função e identificar suas características principais (domínio, imagem, crescimento, decrescimento, máximos, mínimos).</li><li>• Modelar e interpretar dados climáticos (como temperatura, precipitação e umidade) usando funções lineares, quadráticas e polinomiais.</li><li>• Avaliar como funções matemáticas podem ser usadas para prever e analisar variações climáticas.</li><li>• Desenvolver habilidades em interpretação de gráficos e tabelas.</li></ul>

<p>Conteúdos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceitos de Funções Matemáticas: Funções lineares, quadráticas e polinomiais; Domínio, imagem, taxa de variação, máximo e mínimo; Representação gráfica de funções.</li> <li>• Interpretação de Dados Climáticos: Análise de gráficos e tabelas de temperatura média, umidade e precipitação ao longo dos anos; Modelagem de dados para previsões e tendências.</li> <li>• Uso de Ferramentas Tecnológicas: Introdução ao uso de softwares como Excel, GeoGebra, ou Python para gráficos e análise de funções.</li> </ul>
<p>Metodologia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução Teórica: Explicação sobre funções e suas aplicações; Tipos de funções (linear, quadrática, polinomiais).</li> <li>• Atividades Práticas com Dados Reais: Coleta de dados de variações climáticas; Grupos modelando diferentes conjuntos de dados.</li> <li>• Modelagem e Interpretação dos Resultados: Análise e comparação de modelos; Discussão sobre as adequações das funções utilizadas.</li> <li>• Discussão e Reflexão: Debates sobre conclusões e a importância de compreender variações climáticas.</li> </ul>
<p>Recursos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadores com acesso à internet.</li> <li>• Softwares para gráficos e análise de dados (Excel, GeoGebra ou Python).</li> <li>• Projetor ou quadro interativo.</li> </ul>

Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de Gráficos: Capacidade de interpretar gráficos.</li> <li>• Apresentação em Grupo: Apresentação da análise de dados e aplicação de funções.</li> <li>• Relatório Individual: Reflexão sobre o uso de funções para interpretação de dados reais.</li> </ul>
Duração	4 a 5 aulas de 50 minutos

## 6.1 Plano de Ensino: Ensino de Funções utilizando Dados de Variações Climáticas

Aula 1: Introdução aos Conceitos de Funções e Aplicação no Clima

- Objetivos:
  - Apresentar os conceitos básicos de funções matemáticas e discutir suas aplicações no mundo real, especialmente no estudo do clima.
  - Introduzir os alunos ao tema do plano, mostrando como funções lineares, quadráticas e polinomiais podem modelar dados climáticos.
- Atividades:
  - Explicação Teórica: Exposição dos tipos de funções (linear, quadrática e polinomial) e suas características, como domínio, imagem, taxa de variação, máximos e mínimos.
  - Discussão em Grupo: Conversa sobre como o clima varia ao longo do tempo e como a matemática pode ajudar a compreender e prever essas mudanças.
  - Exemplos Práticos: Exibição de gráficos climáticos simples, como variações de temperatura ao longo de um ano, e identificação dos tipos de funções que poderiam modelar essas variações.
- Recursos: Quadro, projetor com gráficos climáticos, material impresso de introdução às funções.

Aula 2: Coleta e Análise de Dados Climáticos

- Objetivos:
  - Ensinar os alunos a coletar dados reais sobre variáveis climáticas, como temperatura, precipitação e umidade.
  - Introduzir o uso de softwares e ferramentas de visualização para organizar e entender dados numéricos.
- Atividades:
  - Pesquisa Guiada: Dividir os alunos em grupos para coletar dados climáticos reais de fontes confiáveis (por exemplo, INMET, NASA ou IPCC) sobre uma variável específica (temperatura, precipitação, umidade).
  - Organização dos Dados: Cada grupo organiza os dados em tabelas e cria gráficos iniciais, explorando ferramentas como Excel ou Google Sheets.
  - Interpretação dos Dados: Os alunos fazem uma breve análise inicial, refletindo sobre padrões observados e discutindo possíveis fatores que influenciam as variações.
- Recursos: Computadores, acesso à internet para pesquisa de dados climáticos, softwares de planilhas (Excel ou Google Sheets).

### Aula 3: Modelagem Matemática dos Dados com Funções

- Objetivos:
  - Aplicar funções matemáticas (linear, quadrática e polinomial) para modelar os dados climáticos coletados.
  - Ensinar os alunos a escolher a função mais adequada para modelar os dados e ajustar os parâmetros para obter uma aproximação mais precisa.
- Atividades:
  - Escolha do Modelo: Explicação sobre como escolher a função adequada com base no comportamento dos dados.
  - Aplicação das Funções: Cada grupo aplica diferentes tipos de funções aos seus dados e ajusta os parâmetros para criar um modelo matemático que represente a variação observada.
  - Criação de Gráficos: Com o auxílio de softwares (Excel, GeoGebra ou Python), os alunos produzem gráficos que mostram a função aplicada sobre os dados reais e avaliam o ajuste.

- Recursos: Computadores com software de gráficos e funções matemáticas (Excel, GeoGebra ou Python).

#### Aula 4: Análise dos Resultados e Interpretação dos Modelos

- Objetivos:
  - Analisar e interpretar os modelos criados, avaliando a qualidade do ajuste e a adequação do modelo.
  - Discutir as possíveis previsões e limitações de cada modelo matemático.
- Atividades:
  - Avaliação dos Modelos: Cada grupo analisa o quanto o modelo ajustado representa bem os dados reais, identificando erros e limitações.
  - Discussão de Previsões: Os alunos usam seus modelos para prever valores futuros, considerando o comportamento do modelo em diferentes intervalos de tempo.
  - Comparação entre Grupos: Cada grupo compartilha suas descobertas e discute os diferentes modelos aplicados aos dados de cada variável climática.
- Recursos: Computadores para a análise de dados, projetor para apresentações em grupo.

#### Aula 5: Apresentação dos Trabalhos e Reflexão Final

- Objetivos:
  - Permitir que os alunos apresentem suas conclusões sobre a modelagem dos dados climáticos usando funções matemáticas.
  - Refletir sobre o aprendizado e discutir a importância das funções matemáticas para a análise e compreensão de fenômenos ambientais.
- Atividades:
  - Apresentação em Grupo: Cada grupo apresenta os gráficos, análises e conclusões sobre os dados estudados, destacando como o modelo foi útil para representar os dados climáticos.
  - Debate sobre Limitações e Aplicações: Após as apresentações, os alunos discutem as limitações dos modelos matemáticos e as aplicações práticas para prever variações climáticas e analisar dados ambientais.

- Reflexão Final: Uma breve atividade escrita para que os alunos reflitam sobre o que aprenderam e como podem aplicar esse conhecimento em outras áreas.
- Recursos: Computador com projetor, espaço para apresentação.



# Conclusão

---

**Contextualização do Ensino de Funções:** A utilização de dados climáticos reais da cidade de Cuiabá (2003-2023) demonstrou ser uma estratégia eficaz para contextualizar o ensino de funções matemáticas, aproximando os alunos de situações cotidianas relevantes.

**Aplicação dos Conceitos Matemáticos:** Através da análise de dados de precipitação, temperatura do ponto de orvalho, temperatura de bulbo seco e umidade relativa, foi possível explorar o comportamento de funções matemáticas de maneira prática, ilustrando suas aplicações no mundo real.

**Engajamento e Relevância:** A conexão entre o ensino de funções e a variação climática pode proporcionar uma experiência mais envolvente para os alunos, tornando os conceitos abstratos mais compreensíveis e relevantes para suas vidas.

**Educação Interdisciplinar:** Esta abordagem favorece o despertar do interesse dos estudantes não apenas pela matemática, mas também pela ciência climática, promovendo uma educação interdisciplinar que une conceitos de diferentes áreas.

**Contribuição Pedagógica:** A dissertação oferece uma contribuição ao reforçar a importância da integração de dados reais no ensino de matemática, fortalecendo a conexão entre teoria e prática, e demonstrando o potencial de novos métodos de ensino interdisciplinares e mais motivadores.

**Expectativa Futura:** Espera-se que este trabalho inspire a adoção de novas abordagens no ensino de funções matemáticas, estimulando o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes e envolventes, que proporcionem uma aprendizagem significativa e aplicável.

# Referências Bibliográficas

---

- [1] Viessman, W., Lewis, G. L., & Knapp, J. W. (2006). *Hidrologia: Fundamentos e Aplicações*. Prentice Hall.
- [2] World Meteorological Organization. (2014). *WMO-No. 8, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. WMO.
- [3] Ahrens, C. D. (2018). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Cengage Learning.
- [4] Sevruk, B. (1993). Measurement of Precipitation. In D. R. Maidment (Ed.), *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.
- [5] Viessman Jr., W., & Lewis, G. L. (2002). *Introduction to Hydrology*. Prentice Hall.
- [6] Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Calculation Methods of Precipitation. In *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- [7] Ahrens, C. D. (2018). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Cengage Learning.
- [8] Harrison, R. G. (2010). *Meteorological Measurements and Instrumentation*. Wiley-Blackwell.
- [9] Stull, R. B. (2000). *Meteorology for Scientists and Engineers*. Brooks/Cole.
- [10] Rogers, R. R., & Yau, M. K. (1996). *A Short Course in Cloud Physics*. Butterworth-Heinemann.
- [11] STEWART, James. *Cálculo: Versão para Universidades*. 8. ed. Cengage Learning, 2015.

- [12] LARSON, Ron; EDWARDS, Bruce H. *Cálculo: Conceitos e Contextos*. 5. ed. Cengage Learning, 2016.
- [13] MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 7. ed. Wiley, 2018.
- [14] BISHOP, Christopher M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006.
- [15] OLIVEIRA, Pedro R. *Meteorologia para Engenharia e Ciências Ambientais*. Editora Blucher, 2018.
- [16] ROGER, Paulo. *Meteorologia: Princípios e Aplicações*. Editora Ciência Moderna, 2017.
- [17] WILKS, Daniel S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. 4. ed. Academic Press, 2019.
- [18] James Stewart, *Cálculo: Volume 1*, 9<sup>a</sup> edição, Cengage Learning, 2015.
- [19] Ron Larson e Bruce Edwards, *Cálculo: Conceitos e Contextos*, 4<sup>a</sup> edição, Cengage Learning, 2014.
- [20] Tom M. Apostol, *Cálculo: Volume 1*, Wiley, 1967.
- [21] Mary L. Boas, *Mathematical Methods in the Physical Sciences*, 3<sup>a</sup> edição, Wiley, 2006.
- [22] Lloyd N. Trefethen, *Numerical Linear Algebra*, SIAM, 2000.
- [23] Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, G. Geoffrey Vining. *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley & Sons, 5<sup>a</sup> Edição, 2012.
- [24] Carl B. Boyer, Uta C. Merzbach. *A History of Mathematics*. John Wiley & Sons, 2<sup>a</sup> Edição, 2011.
- [25] James Stewart. *Calculus: Early Transcendentals*. Cengage Learning, 8<sup>a</sup> Edição, 2015.
- [26] Kenneth Hoffman, Ray Kunze. *Linear Algebra*. Prentice Hall, 2<sup>a</sup> Edição, 1971.
- [27] Richard L. Burden, J. Douglas Faires. *Numerical Analysis*. Cengage Learning, 10<sup>a</sup> Edição, 2015.
- [28] Murray R. Spiegel, Robert E. Moyer. *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*. Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, 3<sup>a</sup> Edição, 2009.

- [29] Gilbert Strang. *Linear Algebra and Its Applications*. Brooks Cole, 4<sup>a</sup> Edição, 2005.
- [30] Walter Rudin. *Principles of Mathematical Analysis*. McGraw-Hill, 3<sup>a</sup> Edição, 1976.
- [31] LIMA, Elon Lages. *Funções – Coleção Matemática*. São Paulo: SBM - Sociedade Brasileira de Matemática, 1991.
- [32] IEZZI, Gelson; MURAKAMI, Carlos; DOLCE, Osvaldo; PAIVA, Heitor. *Matemática: Contexto e Aplicações*. São Paulo: Saraiva, 2002.